การป้องกันอาการหลับในขณะขับรถด้วยเสียงดนตรี

Prevention of Driving Car Doze Off by Using Music-Controlled Brainwave Modulation

นายเฉลิมชัย ปั้นแก้ว
นางสาวณภัทร ฟ้ากระจ่าง
นายณัฐธัญธร วัฒนพันธุ์
นางสาวธัญวรัตม์ จำปาศรี

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์	**การป้องกันอาการหลับในขณะขับรถด้วยเสียงดนตรี**
Thesis Title	Prevention of Driving Car Doze Off by Using Music-Controlled Brainwave Modulation
นักศึกษา	นายเฉลิมชัย ปั้นแก้ว, นางสาวณภัทร ฟ้ากระจ่าง, นายณัฐธัญธร วัฒนพันธุ์ ,นางสาวธัญวรัตม์ จำปาศรี
รหัสประจำตัว	58010223, 58010343, 58010388 , 58010577
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมดนตรีและสื่อประสม
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	รศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
รศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	**การป้องกันอาการหลับในขณะขับรถด้วยเสียงดนตรี**
นักศึกษา	นายเฉลิมชัย ปั้นแก้ว, นางสาวณภัทร ฟ้ากระจ่าง, นายณัฐธัญธร วัฒนพันธุ์, นางสาวธัญวรัตม์ จำปาศรี
รหัสประจำตัว	58010223, 58010343, 58010388 , 58010577
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมดนตรีและสื่อประสม
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์	รศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

บทคัดย่อ

โลกในยุคปัจจุบัน มีการเกิดอุบัติเหตุของรถยนต์เป็นจำนวนมาก หนึ่งในสาเหตุที่ทำให้เกิดคือ อาการง่วงขณะขับรถ โครงงานนี้จึงจัดทำขึ้น โดยมีเป้าหมาย เพื่อลดอาการง่วงขณะขับรถ โดยใช้หลักการทางดนตรี ร่วมกับทฤษฎีทางชีวการแพทย์ ซึ่งก็คือการใช้เพลงผสมกับ Monaural beats โดย Monaural beats ที่ให้ผลดีได้นั้น ตำแหน่งคนขับรถต้องเป็นจุด In-phase ของเสียง เราจึงต้องทำการจูนระบบเสียงในรถ จากนั้นเก็บค่า และวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้พบว่า การใช้เพลงผสมกับความถี่ต่ำสองความถี่สามารถลดอาการง่วงขณะขับรถได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Prevention of Driving Car Doze Off by Using Music-Controlled Brainwave Modulation
Student	Mr Chalermchai Pankaew, Miss Napat Fahkrajang, Mr Natthanthorn Wattanapan, Miss Tunwarat Champasri
Student ID.	58010223, 58010343, 58010388, 58010577
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Music engineering and Multimedia
Year	2018
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Pattarapong Phasukkit

ABSTRACT

In the present, there are many car accidents, one of the problems is the drowsiness while driving. This project was created by aiming to lower the condition by using music principle with biomedical theory, which is using the song that mixed with monaural beats. The effective monaural beats, the position of the driver must be at the in-phase point of the sound. So, we need to tune the in-car sound system, and then we collect data and analyzed. The result said that using the song with monaural beats can lower the drowsiness while driving the car.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก รศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ซึ่งได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ แนวคิด ตลอดจนการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดระยะเวลาการศึกษา กลุ่มผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ นายสมประสงค์ กาบบัวลอย หรือ พี่ไข่ตุ๋น นักศึกษาระดับปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ ผู้ซึ่งคอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และความรู้เกี่ยวกับการวิจัย การทดลอง การดำเนินงานต่างๆ รวมถึงเป็นกำลังใจที่ดี จนกลุ่มผู้จัดทำสามารถทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบคุณ บริษัท UDC CAR AUDIO ที่ให้การสนับสนุนรถยนต์สำหรับการทดลอง และนายศรัญญู โชติภูรีพงศ์ ผู้จัดการทั่วไปของบริษัท ผู้ซึ่งเสียสละเวลา เพื่อนำรถยนต์มาให้กลุ่มผู้จัดทำได้ทำการทดลอง พร้อมทั้งให้ข้อมูลเกี่ยวกับระบบเครื่องเสียงของตัวรถ

ขอขอบคุณ นายอาทิตย์ ฤทธิแผลง หรือ พี่เดี่ยว ผู้ซึ่งให้ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ และการเขียนโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง และเป็นผู้ที่สร้างเสียงหัวเราะ และกำลังใจให้กับผู้จัดทำตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน

ขอขอบคุณ นายรัชพล แขมภูเขียว เพื่อนร่วมห้องแล็บผู้ซึ่งให้คำแนะนำในหลายๆเรื่อง และนายณัฐพล ขนสุวรรณ ผู้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับโปรแกรมการปรับเฟสเสียง

กลุ่มผู้จัดทำหวังว่า วิทยานิพนท์ฉบับนี้จะมีประโยชน์อยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ให้แก่เหล่าคณาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา และทุกๆคนที่คอยช่วยเหลือ สำหรับข้อบกพร่องต่างๆที่อาจเกิดขึ้น กลุ่มผู้จัดทำขอน้อมรับผิดไว้แต่เพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญ (ต่อ) V

สารบัญ (ต่อ) VI

สารบัญภาพ VII

สารบัญภาพ (ต่อ) VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 1

1.3 สมมติฐานของการศึกษา 1

1.4 ขอบเขตงานวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.6 โครงสร้างปริญญานิพนธ์ 2

บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 แนวคิด และทฤษฎี 3

2.1.1 การทำงานของสมอง 3

2.1.2 ส่วนประกอบของสมอง 3

2.1.3 การทำงานของสมองขณะนอนหลับ 5

2.1.4 คลื่นสมอง (Brainwave) 7

2.1.5 ปรากฏการณ์บีตส์ (Beat phenomenon) 9

2.1.6 Binaural beats 9

2.1.7 Monaural beats 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1.8 ความเหมือนและความต่างระหว่าง Binaural beats และ Monaural beats 11
2.1.9 การใช้ Binaural beats และ Monaural beats ร่วมกับเสียงดนตรี 12
2.1.10 เฟสของเสียง (Phase) 13
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14
บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน 15
3.1 มิกซ์เพลงผสมความถี่ (STUDIO) 15
3.1.1 ขั้นตอนการเตรียมไฟล์เพลง 15
3.1.2 ขั้นตอนการนำไฟล์เพลงและความถี่มาผสมกัน(Mix) 16
3.2 เตรียมรถยนต์และทำการ TUNING (CAR) 17
3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมรถยนต์และทำการปรับแต่งเสียง 17
3.2.2 ขั้นตอนการบันทึกผลข้อมูล 18
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 19
3.4 การจัดเก็บผลการทดลอง 23
บทที่ 4 ผลการทดลอง 24
4.1 กราฟ FAST FOURIER TRANSFORM (FFT) ของเพลง 24
4.2 กราฟ TIME-DOMAIN 24
4.3 SPECTROGRAM 28
4.4 FFT RELATIVE POWER DIFFERENCE 32
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 37
5.1 สรุปผล 37
5.2 ข้อเสนอแนะ 37
บรรณานุกรม 38
ภาคผนวก 40
ภาคผนวก ก 41
ภาคผนวก ข 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ค.....43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 2.1 แสดงตำแหน่งของกลีบสมองทั้ง 4 กลีบ 5
ภาพที่ 2.2 กราฟลักษณะของคลื่นสมองขณะนอนหลับในระยะต่างๆ 7
ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะและช่วงความถี่ที่เกิดคลื่นสมองแต่ละกลุ่ม 8
ภาพที่ 2.4 แสดงการเกิดปรากฏการณ์บีตส์ 9
ภาพที่ 2.5 แสดงหลักการทำงานของ BINAURAL BEATS 10
ภาพที่ 2.6 แสดงหลักการทำงานของ MONAURAL BEATS 11
ภาพที่ 2.7 ผลลัพธ์ของคลื่นที่มีเฟสตรงกันและไม่ตรงกัน 13
ภาพที่ 2.8 แสดงการ PHASE SHIFT ของสัญญาณสีแดง 90 องศา 14
ภาพที่ 3.1 ความถี่ของโน้ตที่นำมาใช้ 15
ภาพที่ 3.2 ความถี่ของสมองในส่วนต่างๆ 16
ภาพที่ 3.3 ทำการมิกซ์เสียงและวัดระยะเพื่อตรวจสอบ PHASE ของลำโพง 16
ภาพที่ 3.4 ออกแบบระบบเสียงในรถยนต์ 17
ภาพที่ 3.5 ทำการจูนเสียงผ่านโปรแกรม “ZAPCO DSP” 18
ภาพที่ 3.6 โปรแกรม “ZAPCO DSP” ที่ใช้ในการจูน 18
ภาพที่ 3.7 ทำการเปิดเพลงและบันทึกข้อมูล ขณะจอดรถ 19
ภาพที่ 3.8 ทำการเปิดเพลงและบันทึกข้อมูล ขณะขับรถ 19
ภาพที่ 3.9 เครื่องคอมพิวเตอร์ 20
ภาพที่ 3.10 ไมโครโฟน 20
ภาพที่ 3.11 AUDIO INTERFACE 21
ภาพที่ 3.12 โปรแกรม PROTOOL 12HD 21
ภาพที่ 3.13 โปรแกรม SMAART 7 22
ภาพที่ 3.14 โปรแกรม MATLAB R2015A 22
ภาพที่ 3.15 EMOTIV EPOC 23
ภาพที่ 4.1 กราฟ FFT ของเพลงที่ไม่ผสม MONAURAL BEAT 24
ภาพที่ 4.2 กราฟ FFT ของเพลงที่ผสมกับ MONAURAL BEAT 24
ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะจอดรถและไม่เปิดเพลง 25
ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะจอดรถและเปิด MONAURAL BEAT 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะจอดรถและเปิดเพลง 26
ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะจอดรถและเปิดเพลงที่ผสม MONAURAL BEAT 26
ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะขับรถและไม่เปิดเพลง 27
ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะขับรถและเปิด MONAURAL BEAT 27
ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะขับรถและเปิดเพลง 28
ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะขับรถและเปิดเพลงที่ผสม MONAURAL BEAT 28
ภาพที่ 4.11 SPECTROGRAM ของคลื่นสมองขณะจอดรถและไม่เปิดเพลง 29
ภาพที่ 4.12 SPECTROGRAM ของคลื่นสมองขณะจอดรถและเปิด MONAURAL BEAT 29
ภาพที่ 4.13 SPECTROGRAM ของคลื่นสมองขณะจอดรถและเปิดเพลง 30
ภาพที่ 4.14 SPECTROGRAM ของคลื่นสมองขณะจอดรถและเปิดเพลงที่ผสม MONAURAL BEAT 30
ภาพที่ 4.15 SPECTROGRAM ของคลื่นสมองขณะขับรถและไม่เปิดเพลง 31
ภาพที่ 4.16 SPECTROGRAM ของคลื่นสมองขณะขับรถและเปิด MONAURAL BEAT 31
ภาพที่ 4.17 SPECTROGRAM ของคลื่นสมองขณะขับรถและเปิดเพลง 32
รูปที่ 4.18 SPECTROGRAM ของคลื่นสมองขณะขับรถและเปิดเพลงที่ผสม MONAURAL BEAT 32
ภาพที่ 4.19 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะจอดรถและไม่เปิดเพลง 33
ภาพที่ 4.20 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะจอดรถและเปิด MONAURAL BEAT 33
ภาพที่ 4.21 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะจอดรถและเปิดเพลง 34
ภาพที่ 4.22 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะจอดรถและเปิดเพลงที่ผสม MONAURAL BEAT 34
ภาพที่ 4.23 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะขับรถและไม่เปิดเพลง 35
ภาพที่ 4.24 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะขับรถและเปิด MONAURAL BEAT 35
ภาพที่ 4.25 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะขับรถและเปิดเพลง 36
ภาพที่ 4.26 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะขับรถและเปิดเพลงที่ผสม MONAURAL BEAT 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุบัติเหตุสามารถเกิดขึ้นได้เพียงไม่กี่วินาทีถ้าผู้ขับขี่เกิดอาการหลับใน โดยอาการหลับในนั้นหมายถึง การที่เราหลับในขณะที่ตายังเปิดอยู่ มักจะเกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาสั้นๆประมาณไม่เกิน 10 วินาที คล้ายๆกับอยู่ในสภาพหลับๆตื่นๆ หรือคล้ายๆหมดสติไปชั่วครู่หนึ่ง สามารถปลุกได้ง่าย แต่สิ่งที่ร้ายที่สุดของอาการหลับในก็คือ เราไม่สามารถบังคับตัวเองไม่ให้หลับในได้นั่นเอง

ปัญหาอาการหลับในนั้นมีวิธีแก้ไขอย่างหลากหลาย ซึ่งวิธีที่เป็นที่นิยมอย่างมากคือการแวะตามจุดพักรถเพื่อนอนพักสัก 10 – 15 นาที ทานผลไม้รสเปรี้ยวเพื่อกระตุ้นให้ตื่น เช็ดหน้าด้วยผ้าเย็นเพื่อทำให้รู้สึกสดชื่น โดยแต่ละวิธีที่กล่าวมานั้นอาจจะทำให้รู้สึกตื่นได้ไม่นานมากนัก จึงทำให้ในปัจจุบันมีนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ออกมามากมายเพื่อป้องกันอาการหลับใน แต่วิธีเหล่านั้นก็มีทั้งข้อดีและข้อเสีย เช่น เครื่องช็อตไฟฟ้าป้องกันหลับในขณะขับรถ เครื่องนี้จะปล่อยกระแสไฟฟ้าออกมาเมื่อผู้ขับขี่เกิดอาการหลับใน แต่วิธีนี้อาจจะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ถ้าผู้ขับขี่มีอาการตกใจ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะนำเสนอวิธีป้องกันอาการหลับในขณะขับรถโดยการนำความถี่พิเศษมาผสมลงในเพลงที่มีคุณสมบัติตรงตามที่ต้องการ เพื่อจะกระตุ้นให้คลื่นสมอง Beta ที่สามารถพบได้ที่สมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ทำงาน เพราะคลื่นสมอง Beta นั้นมีคุณสมบัติทำให้มนุษย์รู้สึกตื่นตัว ไม่รู้สึกง่วง

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ค้นหาเพลงที่มีคุณสมบัติตรงตามที่ต้องการ

1.2.2 สร้างความถี่ขึ้นมาโดยอ้างอิงตามคีย์ของเพลงแล้วนำความถี่นั้นมาผสมลงไปในเพลง

1.2.3 เตรียมรถยนต์ที่จะนำมาทดลองโดยทำการจัดเตรียมระบบเสียงให้ถูกต้อง

1.2.4 ประเมินประสิทธิภาพของสมองจากการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG)

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

สร้างความถี่ออกมาในรูปแบบคลื่นซายน์ (Sine Wave) โดยอ้างอิงจากคีย์ของเพลงที่เลือกมาใช้ ซึ่งในงานวิจัยนี้จะสร้างความถี่รูปแบบคลื่นซายน์มา 2 ความถี่ แล้วนำความถี่นั้นมาผสมในเพลง ปรับแต่งเพลงเพื่อให้เกิดความไพเราะ นำเพลงมาทดสอบขณะขับขี่จริงโดยจะทำการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ขณะขับขี่ ซึ่งในขณะขับขี่จะทำการปรับระดับเสียงเพลงให้เหมาะสม เมื่อได้คลื่นสมองที่ทำการทดลองมานั้นจะนำมาแปลงข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ว่าสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) เกิดการทำงานขณะทำการทดลองหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

ออกแบบการทดลองโดยสร้างคลื่นความถี่ขึ้นมาผสมลงไปในเพลง แล้วทำการจัดเตรียมรถยนต์ที่จะนำมาทดลองให้มีระบบเสียงที่ถูกต้อง กล่าวคือ รถยนต์นั้นจะต้องมีการแก้ไขลำโพงให้คลื่นเสียงนั้นมีองศาที่เกิดขึ้นตรงกัน (In Phase) แล้วทดสอบประเมินผลสมองขณะขับขี่จริง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถนำความรู้ความเข้าใจที่ได้จากการศึกษา ใช้ในการคิดและการออกแบบการทำงานหรือแก้ไขเวลาที่เกิดปัญหาได้

1.5.2 สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมดนตรีได้จริง โดยมรขั้นตอนที่ง่าย ไม่ซับซ้อน

1.5.3 นำความรู้ทางด้านวิศวกรรมดนตรีมาร่วมกับความรู้ทางด้านวิศวกรรมชีวการแพทย์

1.6 โครงสร้างปริญญานิพนธ์

ผลการศึกษาและวิจัยได้นามาเสนอในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้โดยทาการแบ่งเนื้อหาเป็นบทดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงบทนำ ความเป็นมาของโครงงาน และวัตถุประสงค์

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 กล่าวถึงวิธีการดำเนินงาน

บทที่ 4 กล่าวถึงผลการทดลอง

บทที่ 5 กล่าวถึงวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิด และทฤษฎี

2.1.1 การทำงานของสมอง

สมองประกอบด้วยเซลล์จำนวนนับแสนล้านเซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์จะมีแขนงที่เชื่อมต่อกันกลายเป็นร่างแหขนาดใหญ่และซับซ้อน เมื่อมีการรับข้อมูลหรือสิ่งกระตุ้นจากภายนอก เซลล์สมองจะส่งข้อมูลเป็นกระแสไฟฟ้าผ่านทางจุดส่งกระแสประสาทของเซลล์ ซึ่งเรียกว่า ปลายแอกซอน (axon) ไปยังจุดรับกระแสประสาทของเซลล์ข้างเคียง ที่เรียกว่า ปลายเดนไดรท์ (dendrite) จุดที่เชื่อมต่อระหว่างแอกซอนและเดนไดรท์ เรียกว่า ซีนแนปส์ (synapse) ซึ่งเป็นจุดที่จะเปลี่ยนสัญญาณกระแสไฟฟ้าให้เป็นสารเคมี หรือสารสื่อประสาท ส่งผลให้ร่างกายรับรู้ข้อมูล เช่น ความรู้สึกทางกาย การเห็นภาพ การได้กลิ่น และทำให้เกิดการตอบสนองหรือการสั่งการต่อไป สมองเป็นอวัยวะที่ยืดหยุ่น เครือข่ายการเชื่อมโยงของเซลล์สมองจึงมีการเพิ่มขึ้น ซับซ้อนขึ้น และเปลี่ยนแปลงรูปแบบได้ ตามการเรียนรู้และประสบการณ์ที่ได้รับ ทำให้มนุษย์สามารถปรับตัวได้ตลอดเวลา ยิ่งการเชื่อมโยงของเซลล์สมองซับซ้อนมากเท่าไหร่ ทักษะการคิดวิเคราะห์ข้อมูล การแก้ปัญหายากๆ หรือที่เรียกว่าความฉลาด ก็จะยิ่งมากขึ้นเท่านั้น

2.1.2 ส่วนประกอบของสมอง

สมองแต่ละส่วนจะทำหน้าที่รับรู้และตอบสนองแตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งส่วนประกอบของสมองได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ สมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง และสมองส่วนท้าย

2.1.2.1 สมองส่วนหน้า (Forebrain)

สมองส่วนหน้า (Forebrain) เป็นส่วนที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีรอยหยักเป็นจำนวนมาก สามารถแบ่งออกได้อีก ดังนี้

1) ซีรีบรัม (Cerebrum) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับรู้ข้อมูลและการเรียนรู้ เช่น การมองเห็น การพูด การคิด ซึ่งสมองส่วนซีรีบรัมแบ่งได้เป็น 2 ซีก คือ ซีกซ้าย และซีกขวา สมองซีกซ้ายมีบทบาทในด้านความเข้าใจ ภาษา ความจำ การให้เหตุผล สมองซีกขวามีบทบาทเกี่ยวข้องกับการมองภาพรวม การใช้ความรู้สึก จินตนาการ สีและรูปภาพ นอกจากนี้สมองแต่ละซีกยังแบ่งย่อยได้เป็น 4 กลีบ ได้แก่

- กลีบหน้า (Frontal lobe) เป็นกลีบสมองที่ใหญ่ที่สุด เป็นที่ตั้งของศูนย์ควบคุมกล้ามเนื้อที่อยู่ใต้อำนาจของจิตใจ ได้แก่ กล้ามเนื้อแขน ขา และลำตัว ทำหน้าที่ควบคุมและสั่งการเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยเมื่อมีการกระตุ้นซีกซ้ายจะมีการเคลื่อนไหวทางซีกขวา หรือหากมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระตุ้นซีกขวาก็จะมีการเคลื่อนไหวทางทางซีกซ้าย รวมไปถึงการสั่งการการสื่อสารด้วยวาจา และยังเป็นศูนย์ควบคุมของความคิด การวางแผน การคาดคะเนสถานการณ์ การเปลี่ยนแปลงด้านอารมณ์ การตัดสินใจ การแสดงออก อุปนิสัย การแก้ปัญหา การควบคุมตัวเอง การประเมินความสามารถและข้อจำกัดของตนเอง ความจำ ความฉลาด และกำลังใจ

- กลีบขมับ (Temporal lobe) ควบคุมการได้ยิน และการดมกลิ่น ทำหน้าที่สำคัญในการรวบรวม ผสมผสาน และประมวลข้อมูลจากหน่วยรับความรู้สึกทั้งหลายของร่างกาย มีหน้าที่รับรู้การสัมผัส ความเจ็บปวด ความรู้สึกร้อนเย็น ความรู้สึกเกี่ยวกับที่ว่าง การกะระยะ การนำทางและระยะทางการประมวลภาพการแยกแยะขนาดรูปร่างและสี การประมวลทักษะทางวิชาการ และรวมไปถึงความเข้าใจภาษา

- กลีบข้าง (Parietal lobe) มีหน้าที่ควบคุมการพูด รับความรู้สึกเกี่ยวกับรส กลิ่น เสียง และความรู้สึกจากการสัมผัส สมองส่วนนี้จะแปลความรู้สึกดังกล่าวให้เป็นความหมาย เป็นส่วนสมองที่ทำงานด้านการเรียนรู้ความหมายจากการพูดและการฟังเป็นหลัก เช่น การแปลเสียงที่ได้ยินให้เป็นภาษา มีความสัมพันธ์กับความจำ นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการจัดระเบียบและการลำดับความ

- กลีบท้ายทอย (Occipital lobe) มีหน้าที่หลักเกี่ยวกับการมองเห็น การรับภาพที่ส่งมาทางตา รับความรู้สึกเกี่ยวกับการมองเห็น แปลภาพที่เห็นเป็นความหมาย และจัดเก็บภาพที่เห็นไว้ในความจำ รวมไปถึงการอ่าน โดยเฉพาะการอ่านตัวอักษรหากสมองส่วนนี้ได้รับความกระทบกระเทือนก็จะส่งผลโดยตรงต่อการมองเห็น

2) ออลแฟกทอรีบรัม (Olfactory bulb) เป็นส่วนที่อยู่หน้าสุดและทำหน้าที่เกี่ยวกับการดมกลิ่น ซึ่งในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม สมองส่วนนี้จะมีขนาดเล็กและไม่เจริญมากนัก

3) ทาลามัส (Thalamus) เป็นจุดศูนย์กลางในการถ่ายทอดกระแสประสาทไปยังสมองส่วนต่างๆ รวมถึงเป็นจุดรับรู้และตอบสนองต่อความรู้สึกเจ็บปวดด้วย

4) ไฮโปทาลามัส (Hypothalamus) มีหน้าที่สำคัญหลายอย่าง เช่น ผลิตฮอร์โมน เป็นศูนย์กลางของระบบประสาทอัตโนมัติ เกี่ยวข้องกับการปรับสมดุล น้ำ-แร่ธาตุ ในเลือด การควบคุมอุณหภูมิร่างกาย ความรู้สึกหิว-อิ่ม การนอนหลับและการตื่น

2.1.2.2 สมองส่วนกลาง (Midbrain)

เป็นส่วนที่รับส่งกระแสประสาทระหว่างสมองส่วนหน้าและสมองส่วนท้าย ทำหน้าที่เกี่ยวกับการมองเห็น การเคลื่อนไหวนัยน์ตา และการได้ยิน

2.1.2.3 สมองส่วนท้าย (Hindbrain)

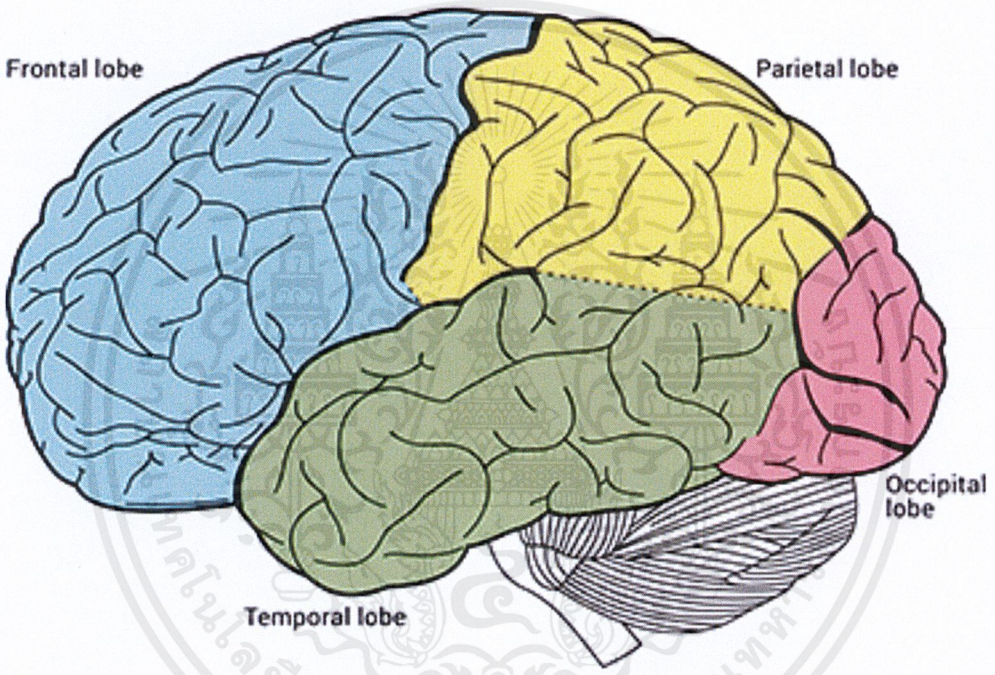
ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ซีรีเบลลัม (Cerebellum) ทำหน้าที่ควบคุมการทรงตัว และควบคุมกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหว

2) พอนส์ (Pons) เป็นส่วนที่อยู่ติดกับสมองส่วนกลาง ทำหน้าที่หลายอย่าง เช่น ควบคุมการเคี้ยวอาหาร การเคลื่อนไหวใบหน้า และการหายใจ

3) เมดัลลา (Medulla) เป็นส่วนที่อยู่ท้ายสุดติดกับไขสันหลัง เป็นทางผ่านของกระแสประสาท และควบคุมการทำงานของระบบประสาทเหนืออำนาจจิตใจ เช่น การหายใจ การเต้นของหัวใจ การไอ จาม เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 แสดงตำแหน่งของกลีบสมองทั้ง 4 กลีบ

ที่มา : https://qbi.uq.edu.au/brain/brain-anatomy/lobes-brain

2.1.3 การทำงานของสมองขณะนอนหลับ

เมื่อเซลล์จอภาพ (Retina) รับรู้ถึงความมืด จะส่งข้อมูลไปยังเซลล์ประสาทที่อยู่ในสมองส่วน ไฮโปทาลามัส ซึ่งจะเป็นแหล่งผลิตสาร เมลาโทนิน (Melatonin) โดยเมลาโทนิน เป็นฮอร์โมนที่เกิดจากการสังเคราะห์จากกรดอะมิโน ทริปโตเฟน (Tryptophan) โดยมีการสร้างขึ้นที่ลำไส้ใหญ่ จอตาและต่อมไพเนียล โดยมีความมืดเป็นตัวกระตุ้นและหยุดหลั่งเมื่อเจอแสงสว่าง ปริมาณของเมลาโทนินจะเพิ่มสูงขึ้นในตอนกลางคืนเริ่มตั้งแต่ประมาณ 22 นาฬิกา ปริมาณสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 3 นาฬิกา ทำให้อุณหภูมิร่างกายลดลง และเกิดอาการง่วง ซึ่งการนอนสามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วงใหญ่ ๆ ได้แก่

1) NON-REM (NON-Rapid Eye Movement)

การนอนในช่วงนี้มีส่วนสำคัญในการทำให้ภูมิคุ้มกันแข็งแรง เกี่ยวข้องกับระบบย่อยอาการ และมีการหลั่งของฮอร์โมนที่เร่งการเติบโต Growth hormone การนอนช่วงนี้แบ่งออกเป็น 4 ระยะ โดยการหลับจะเริ่มจากระยะที่ 1 ไปจน REM และกลับมาระยะที่ 1 ใหม่

- ระยะที่ 1 (Light sleep) ระยะนี้ยังหลับไม่สนิท ครึ่งหลับครึ่งตื่น ปลุกง่าย อาจมีอาการกระตุกของกล้ามเนื้อที่เรียกว่า Hypnic myoclonia ที่มักจะเกิดขึ้นเมื่อมีความรู้สึกเหมือนตกจากที่สูง ระยะนี้ตาจะเคลื่อนไหวช้า

- ระยะที่ 2 (So-called true sleep) ในระยะนี้ตาจะหยุดเคลื่อนไหว คลื่นไฟฟ้าของสมองเป็นแบบ Rapid waves เรียก Sleep spindles

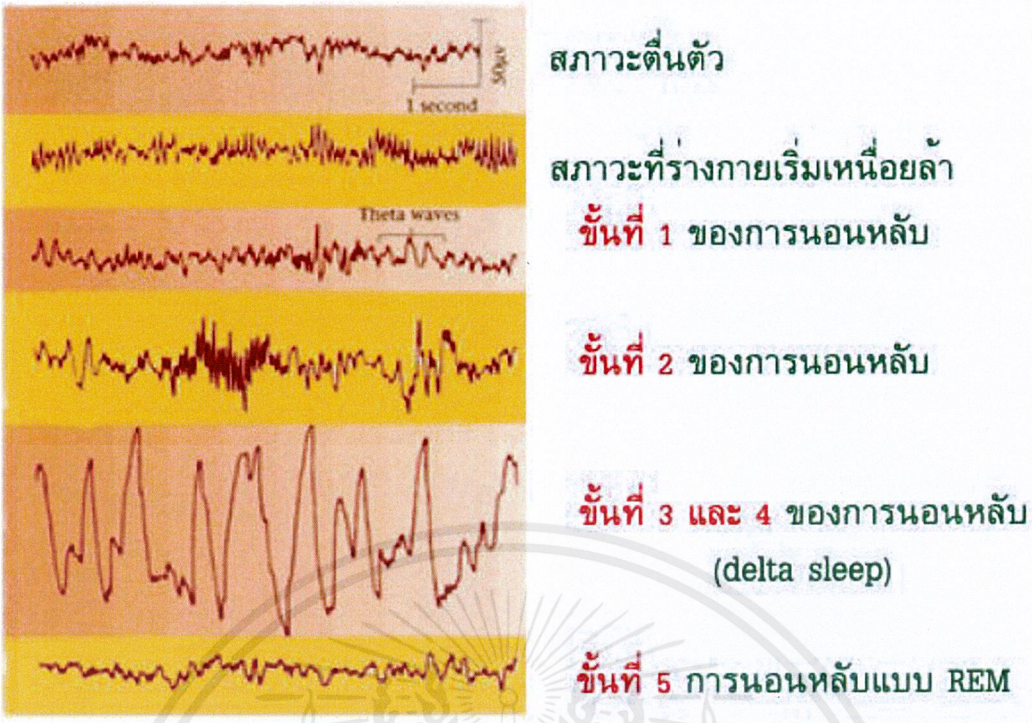
- ระยะที่ 3 คลื่นไฟฟ้าของสมองเริ่มมีลักษณะเป็น Delta waves

- ระยะที่ 4 ระยะนี้เป็นระยะที่หลับสนิทที่สุด คลื่นไฟฟ้าของสมองเป็นแบบ Delta waves ทั้งหมด ระยะ 3-4 จะปลุกยากที่สุด ตาจะไม่เคลื่อนไหว ร่างกายจะไม่เคลื่อนไหว เมื่อถูกปลุกจะมีอาการงัวเงีย

2) REM (Rapid Eye Movement)

การนอนหลับแบบ REM นั้นจะแตกต่างจากแบบ NON-REM อย่างสิ้นเชิง กล่าวคือการทำงานของสมองนั้นเกือบเท่ากับตอนที่เราตื่นอยู่ เซลล์ประสาททั้งในสมองส่วนหน้าและโคนสมองยังคงส่งกระแสประสาทในอัตราสูง เกือบเท่ากับเวลาตื่น ความฝันส่วนใหญ่มักเกิดในช่วงการนอนหลับช่วงนี้ การหลับแบบ REM จะมีผลกระทบต่อระบบสมองซึ่งควบคุมอวัยวะภายในของร่างกาย เช่น อัตราการเต้นของหัวใจและการหายใจจะไม่ดำเนินไปอย่างปกติในช่วงนี้ และควบคุมอุณหภูมิของร่างกายได้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 กราฟลักษณะของคลื่นสมองขณะนอนหลับในระยะต่างๆ

ที่มา : https://www.scimath.org/article-biology/item/4841-2016-09-05-20-07-23

2.1.4 คลื่นสมอง (Brainwave)

คลื่นสมอง (Brainwave) คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการรับส่งข้อมูลของสมอง ซึ่งเมื่อใช้เครื่องมือ Electroencephalogram (EEG) จับภาพสัญญาณไฟฟ้าบริเวณสมอง จะสามารถแบ่งคลื่นสมองออกได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

1) คลื่นสมองระดับเบต้า (Beta Brainwave)

มีความถี่ระหว่าง 12-30 Hz เป็นคลื่นสมองที่เร็วที่สุด สมองควบคุมจิตใต้สำนึก เกิดขึ้นเมื่อสมองเปิดรับข้อมูลพร้อมระบบประสาทสัมผัสทุกด้าน เช่น การทำกิจกรรมต่างๆ เกี่ยวกับความทรงจำระยะสั้น

2) คลื่นสมองระดับอัลฟ่า (Alpha Brainwave)

มีความถี่ระหว่าง 7.5-12 Hz เกิดขึ้นเมื่อเราพักผ่อน และมีความสงบ (Relaxation) แต่อยู่ในภาวะที่รู้สึกตัว สภาวะนี้จะทำให้รับข้อมูลได้ดีที่สุด สามารถเรียนรู้ได้ดี (Super-learning) เข้าถึงและเรียกความจำได้ง่ายและรวดเร็ว พบบ่อยในเด็กที่มีความสุข ผู้ใหญ่ที่มีจิตสมดุล สภาวะก่อนหลับ ผู้ที่นั่งสมาธิเป็นประจำ หรือในขณะที่ร่างกายและจิตใจผ่อนคลาย ในทางการแพทย์คลื่นระดับนี้เหมาะกับการสะกดจิต เพื่อบำบัดโรค ถือเป็นช่วงที่ดีที่สุดในการป้อนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

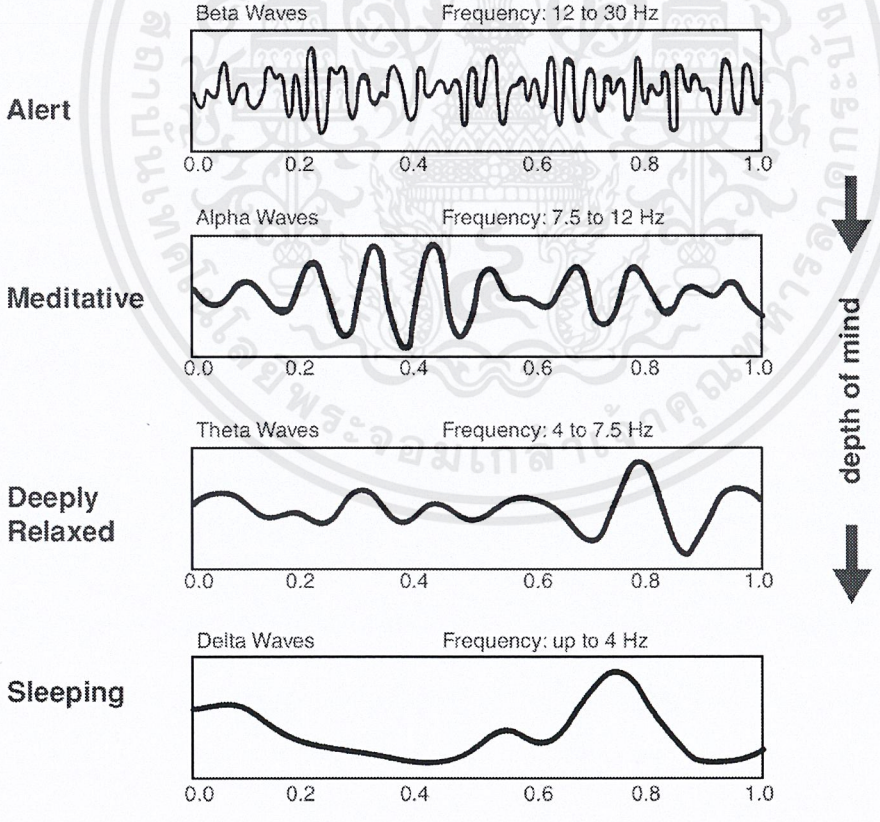
ให้แก่จิตใต้สำนึก สมองสามารถเปิดรับข้อมูลได้อย่างเต็มที่ และเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็ว มีความคิดสร้างสรรค์ เป็นสภาวะที่จิตมีประสิทธิภาพสูง

3) คลื่นสมองระดับธีต้า (Theta Brainwave)

มีความถี่ระหว่าง 4-7.5 Hz เกิดขึ้นเมื่อมีการผ่อนคลายระดับลึก ความคิดสร้างสรรค์ (Inspiration) คลื่นปัญญาญาณ เป็นคลื่นที่เราสามารถดึงข้อมูลจากจิตใต้สำนึกได้ แก้ไขปัญหาโดยไม่รู้ตัว เป็นคลื่นระดับเดียวกับสมาธิระดับลึก (Meditation) เข้าถึงและเรียกความทรงจำระยะยาวได้ดี คลื่นสมองสภาวะนี้ จะมีความสุข ลืมความทุกข์ มีแต่ความปีติยินดี เป็นคลื่นสมองที่สะท้อนการทำงานของจิตใต้สำนึก (Subconscious Mind)

4) คลื่นสมองระดับเดลต้า (Delta Brainwave)

มีความถี่ระหว่าง 1-4 Hz เป็นคลื่นสมองที่ช้าที่สุด เกิดขึ้นในขณะนอนหลับ สมองทำงานตามความจำเป็นเท่านั้น แต่กระบวนการของจิตใต้สำนึกจะจัดและเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง เป็นช่วงที่ร่างกายกำลังพักผ่อนอย่างเต็มที่ หลับลึกโดยไม่มีความฝัน จะรู้สึกสดชื่นเป็นพิเศษเมื่อตื่น



ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะและช่วงความถี่ที่เกิดคลื่นสมองแต่ละกลุ่ม

ที่มา : https://crystalhealingtechniques.com/lesson/modulating-brain-waves/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ปรากฏการณ์บีตส์ (Beat phenomenon)

เป็นปรากฏการณ์จากการแทรกสอดของคลื่นเสียง 2 ขบวน ที่มีความถี่แตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งเคลื่อนที่ไปในแนวเดียวกัน และเกิดการรวมคลื่นเป็นคลื่นเดียวกัน ทำให้แอมพลิจูดเปลี่ยนไป ส่งผลให้เกิดเสียงดัง-เสียงค่อยสลับกันด้วยความถี่ค่าหนึ่ง เรียกว่า ความถี่บีตส์

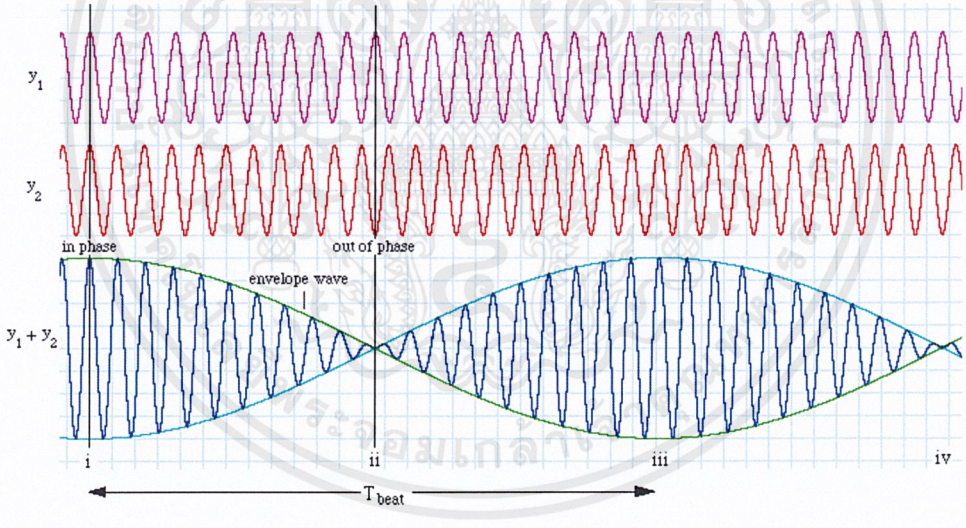
ความถี่บีตส์ หมายถึง เสียงดัง-เสียงค่อยที่เกิดขึ้นสลับกันในหนึ่งหน่วยเวลา เช่น ความถี่บีตส์เท่ากับ 4 รอบ/วินาที (Hz) หมายความว่าใน 1 วินาที จะมีเสียงดัง 4 ครั้ง และเสียงค่อย 4 ครั้ง ความถี่บีตส์สามารถคำนวณได้จาก สมการ

$$f_B = |f_1 - f_2|$$

f_B คือ ความถี่บีตส์ มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ (Hz)

f_1 คือ ความถี่จากแหล่งกำเนิดที่ 1 มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ (Hz)

f_2 คือ ความถี่จากแหล่งกำเนิดที่ 2 มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ (Hz)



ภาพที่ 2.4 แสดงการเกิดปรากฏการณ์บีตส์

ที่มา : http://www.animations.physics.unsw.edu.au/jw/beats.htm

2.1.6 Binaural beats

Binaural beats คือ ผลจากการฟังคลื่นความถี่ 2 คลื่นที่มีความถี่ต่างกัน ผ่านทางหูแต่ละข้างโดยใช้หูฟังแบบสเตอริโอ (Stereo headphone or earphone) แล้วเกิดการประสานหรือ Synchronize กันภายในสมอง ออกมาเป็นคลื่นความถี่ที่ 3 ซึ่งเป็นคลื่นความถี่ต่ำอีกคลื่นหนึ่ง ส่งผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคลื่นสมองตามความต้องการ ใช้ในการแก้ไขหรือพัฒนาคลื่นสมองให้มีความสมดุลมากขึ้น

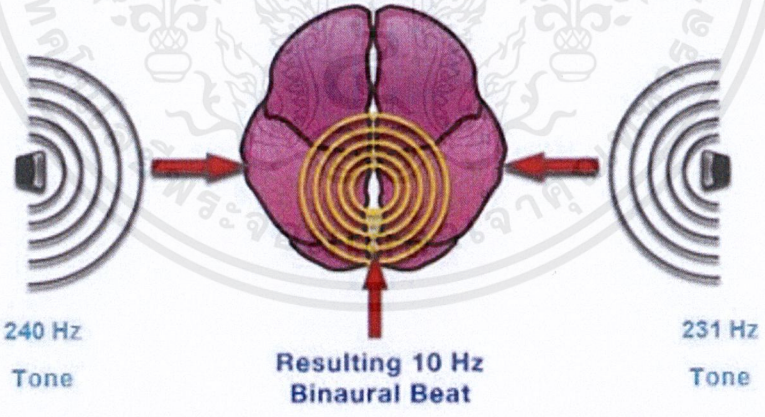
2.1.6.1 หลักการทำงานของ Binaural beats

Binaural beats จะทำงานโดยอาศัยการทำงานของสมองส่วน Brainstem ตัวอย่างเช่น ให้หูซ้ายฟังคลื่น 410 Hz และหูขวาฟังคลื่น 400 Hz เกิดการประสานกันในสมอง ความถี่ที่ 3 ที่ได้ออกมาจะเท่ากับ 10 Hz ซึ่งอยู่ใน Alpha State จากนั้น Binaural beats จะปรับคลื่นสมองให้เข้าสู่ Alpha State ส่งผลให้สมองเข้าสู่ภาวะผ่อนคลาย มีสมาธิได้ง่ายขึ้น

2.1.6.2 ประโยชน์ของ Binaural beats

Binaural Beats มีประโยชน์ในด้านการบรรเทาอาการ การเพิ่มและพัฒนาศักยภาพการทำงานของสมอง และปรับคลื่นสมองเข้าสู่สมดุลอย่างที่ควรจะเป็น เช่น

- ลดอาการนอนไม่หลับ
- ลดอาการปวดตึงกล้ามเนื้อ
- ลดอาการปวดตึงศีรษะและไมเกรน
- ลดภาวะเครียดจากการใช้สมอง
- บรรเทาอาการวิตกกังวล
- เพิ่มความเร็วในการเข้าสมาธิ
- เพิ่มภาวะตื่นตัว
- เพิ่มความสดชื่นแจ่มใส
- เพิ่มความสามารถในการจดจำ
- เพิ่มศักยภาพการเรียนรู้
- พัฒนาการสร้างอารมณ์
- พัฒนาความสามารถในการจดจ่อ



ภาพที่ 2.5 แสดงหลักการทำงานของ Binaural beats

ที่มา : http://binauralbeatsthai.blogspot.com/2012/10/binaural-beats.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

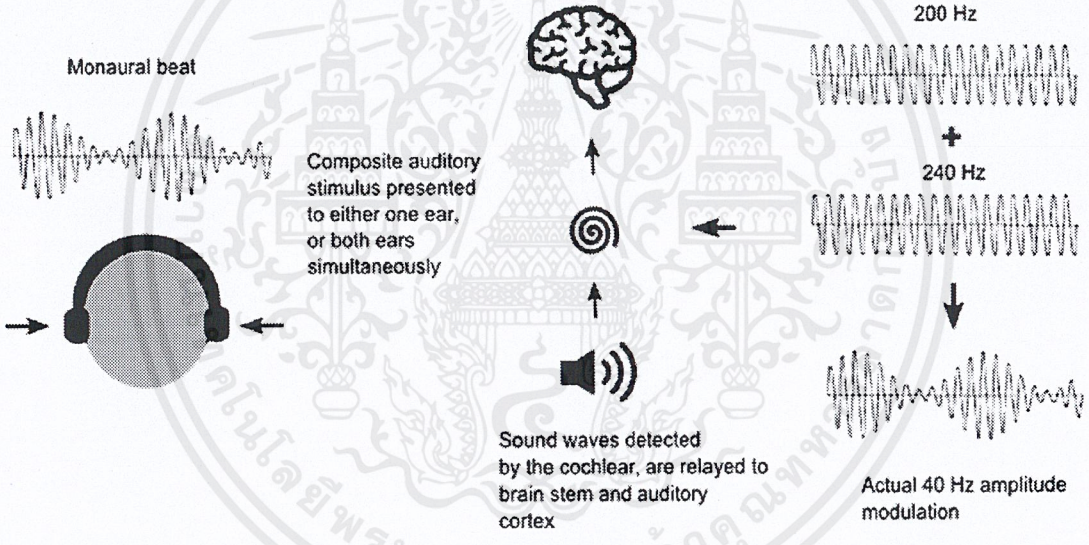
2.1.7 Monaural beats

Monaural beats คือ ผลจากการฟังคลื่นความถี่ 2 คลื่นที่มีความถี่ต่างกัน โดยความถี่ทั้ง 2 จะประสานกันและกลายเป็นบีตส์ (Beats) หรือความถี่ที่ 3 ก่อนจะเข้าสู่สมอง ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคลื่นสมองตามความต้องการ เหมือนกับ Binaural beats

2.1.6.1 หลักการทำงานของ Monaural beats

Monaural beats ทำงานโดยใช้คุณสมบัติการแทรกสอดของคลื่นเสียง สามารถปล่อยความถี่ที่ 1 ผ่านลำโพงทางซ้าย และปล่อยความถี่ที่ 2 ผ่านลำโพงทางขวา หรือปล่อยความถี่ทั้ง 2 ผ่านลำโพงตัวเดียว หรือปล่อยความถี่ทั้ง 2 ผ่านหูฟังทั้ง 2 ข้างเหมือนๆกันก็ได้ กล่าวคือ หูของผู้ฟังทั้ง 2 ข้างจะรับรู้เสียงเหมือนๆกัน

ข้อควรระวังคือ การฟัง Monaural beats ผ่านลำโพงนั้น ผู้ฟังควรอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างสงบ เนื่องจากเสียงอื่นๆจากสภาพแวดล้อมอาจเข้ามารบกวนได้



ภาพที่ 2.6 แสดงหลักการทำงานของ Monaural beats

ที่มา : https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2017.00251/full

2.1.8 ความเหมือนและความต่างระหว่าง Binaural beats และ Monaural beats

Binaural beats และ Monaural beats ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นสมองเหมือนกัน โดยใช้บีตส์หรือความถี่ที่ 3 ที่เกิดขึ้นจากคุณสมบัติการแทรกสอดของคลื่นเสียงระหว่างคลื่นความถี่ 2 คลื่นที่มีความถี่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต่างคือ Binaural beats จะต้องปล่อยความถี่ผ่านหูฟังเท่านั้น โดยข้างซ้ายได้ยินความถี่ที่ 1 และข้างขวาได้ยินความถี่ที่ 2 หมายความว่า หูซ้ายและหูขวาจะได้ยินเสียงที่ต่างกัน และจะเกิดความถี่ที่ 3 ขึ้นภายในสมอง

ในขณะที่ Monaural beats สามารถปล่อยความถี่ทั้ง 2 ผ่านลำโพงก็ได้ หูฟังก็ได้ แต่หูทั้งสองข้างจะต้องได้ยินเสียงที่เหมือนกัน และความถี่ที่ 3 จะเกิดขึ้นก่อนเข้าสู่สมอง

2.1.9 การใช้ Binaural beats และ Monaural beats ร่วมกับเสียงดนตรี

การใช้ Binaural beats และ Monaural beats ร่วมกับดนตรีนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงความเข้ากันระหว่างเสียงคลื่นความถี่กับเสียงดนตรีด้วย เนื่องจากเสียงดนตรีหรือเพลงจะมีคีย์เพลง (Key) ที่บ่งบอกถึงบันไดเสียงและตัวโน้ตที่ประกอบอยู่ในเพลงๆนั้น ซึ่งตัวโน้ตแต่ละตัวก็จะมีความถี่ที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการจะใส่ Binaural หรือ Monaural beats เพิ่มเข้าไปในเพลง จึงควรเลือกใช้ความถี่เดียวกันกับตัวโน้ตที่อยู่ในคีย์เพลงนั้นๆ เพื่อความกลมกลืมของเสียง และเพื่อให้ผู้ฟังไม่สังเกตหรือเกิดความรำคาญในเสียงความถี่ที่เพิ่มเข้าไป

สมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการคำนวณหาความถี่ของตัวโน้ต คือ

$$f_{(n)} = 440 \times 2^{(\frac{n}{12})}$$

$f_{(n)}$ คือ ความถี่ของตัวโน้ตที่ต้องการ มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ (Hz)

440 คือ ค่าความถี่ของโน้ต A_4 มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ (Hz)

n คือ จำนวนความห่างระหว่างเสียงโน้ต A_4 กับเสียงโน้ตที่ต้องการ โดยนับทีละครึ่งเสียง ถ้าเสียงโน้ตที่ต้องการสูงกว่า ค่า n จะเป็นบวก ถ้าต่ำกว่า ค่า n จะเป็นลบ

ตัวอย่างที่ 1) ต้องการหาค่าความถี่ของโน้ต E_4 ซึ่งมีเสียงต่ำกว่าโน้ต A_4 และมีความห่างเป็นจำนวน 5 ครึ่งเสียง ดังนั้น ค่า n จะเป็น -5 เมื่อนำไปแทนค่าในสมการจะได้คำตอบดังนี้

$$f_{(n)} = 440 \times 2^{(\frac{-5}{12})} \approx 329.628\ Hz.$$

ดังนั้น ค่าความถี่ของโน้ต E_4 คือ 329.628 เฮิรตซ์

ตัวอย่างที่ 2) ต้องการหาค่าความถี่ของโน้ต E_5 ซึ่งมีเสียงสูงกว่าโน้ต A_4 และมีความห่างเป็นจำนวน 7 ครึ่งเสียง ดังนั้น ค่า n จะเป็น 7 เมื่อนำไปแทนค่าในสมการจะได้คำตอบดังนี้

$$f_{(n)} = 440 \times 2^{(\frac{7}{12})} \approx 659.255\ Hz.$$

ดังนั้น ค่าความถี่ของโน้ต E_5 คือ 659.255 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.10 เฟสของเสียง (Phase)

เฟส (Phase) เป็นจุดที่บอกตำแหน่งบนคลื่นเสียงแต่ละรอบ มีความสัมพันธ์กับความถี่โดยมีหน่วยเป็นองศา ใช้บอกระยะห่างระหว่างคลื่นเสียง 2 คลื่น การเกิดเฟสของเสียงสามารถแบ่งออกได้หลักๆ 3 รูปแบบ คือ In phase, Out of phase และ Phase shift

2.1.10.1 In phase

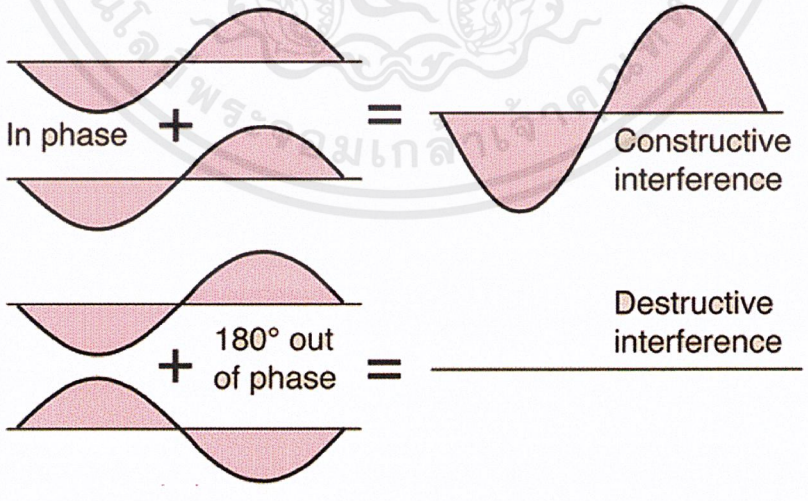
In phase คือลักษณะของคลื่นเสียง 2 คลื่นที่เกิดขึ้นพร้อมกัน ในเวลาเดียวกัน และมีองศาที่เกิดขึ้นตรงกันคือ 0 องศา ส่งผลให้คลื่นเสียงทั้งสองเกิดการรวมตัวกัน และมีค่าแอมพลิจูดที่สูงขึ้น

2.1.10.2 Out of phase

Out of phase คือลักษณะของคลื่นเสียง 2 คลื่นที่มีระยะห่างของจุดกำเนิดคลื่นต่างกัน 180 องศา ส่งผลให้คลื่นเสียงทั้งสองเกิดการหักล้างกัน และมีค่าแอมพลิจูดที่ต่ำลงจนถึงระดับ 0 dB

2.1.10.3 Phase shift

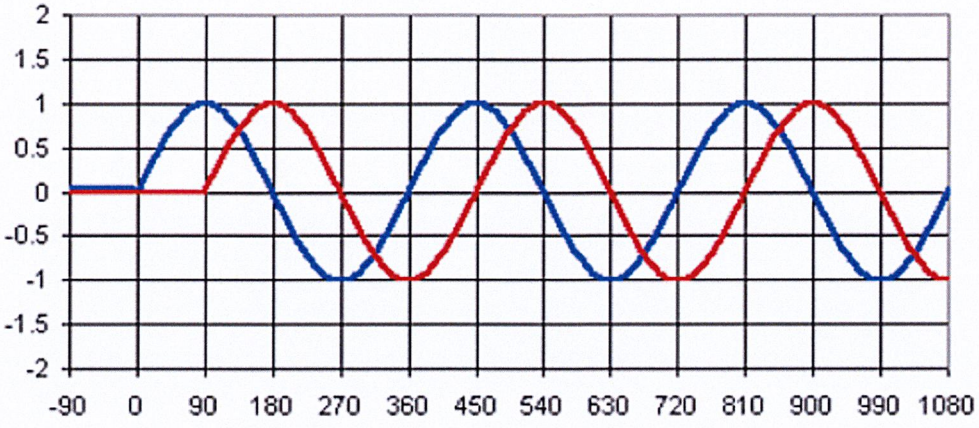
Phase shift คือลักษณะของคลื่นเสียง 2 คลื่นที่มีระยะห่างของจุดกำเนิดคลื่นเริ่มต้นตั้งแต่ 1 องศาไปเรื่อยๆ แต่ไม่ถึง 180 องศา ส่งผลให้คลื่นเสียงทั้งสองมีการรวมตัวและหักล้างสลับกัน ทำให้ค่าแอมพลิจูดเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันไปด้วย หมายความว่า เสียงบางช่วงก็จะดังขึ้นและบางช่วงก็จะเบาลงเช่นกัน



ภาพที่ 2.7 ผลลัพธ์ของคลื่นที่มีเฟสตรงกันและไม่ตรงกัน

ที่มา : http://www.soundstagemag.com/main/index.php/magazine-articles/pa-sound-light-on-stage/966-2017-04-24-07-25-18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 แสดงการ Phase shift ของสัญญาณสีแดง 90 องศา

ที่มา : https://www.musicarms.net/พื้นฐานสัญญาณเสียง/

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 Gabbualoy, S., Janyasupab, M. & Phasukkit, P. (2018) ได้ศึกษาวิธีการบรรเทาความเครียดของมนุษย์ด้วยดนตรีบำบัด โดยการนำดนตรีหรือเพลงมามิกซ์เข้ากับ Binaural beats ความถี่ 10 เฮิรตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ที่จะช่วยปรับคลื่นสมองให้อยู่ในระดับอัลฟ่า (Alpha state) การทดลองนี้จะวัดคลื่นสมองด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Electroencephalography (EEG) ด้วย 4 เงื่อนไข ได้แก่ 1) ฟังเสียงดนตรีบำบัด 2) ฟังเสียงดนตรีเท่านั้น 3) ฟังเสียง Binaural beats เท่านั้น และ 4) ปิดเสียง รวมถึงวัดอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตด้วย โดยมีอาสาสมัครเป็นจำนวน 30 คน จากนั้นนำผลไปวิเคราะห์และเปรียบเทียบกัน ปรากฏว่า หลังจากการฟังดนตรีผ่านทางหูฟังเป็นเวลา 8 นาที คลื่นสมองของอาสาสมัครเปลี่ยนไปในทิศทางที่ดีขึ้น รวมถึงมีอัตราการเต้นของหัวใจและความดันโลหิตที่ลดลง

2.2.2 Gabbuloy, S., Punkabut, S., Phasukkit, P. & Tungjitkusolmun, S. (2019) ได้ศึกษาวิธีการปรับเปลี่ยนสัญญาณคลื่นสมองของมนุษย์ โดยใช้ความถี่ต่ำที่ถูกปล่อยผ่านทางลำโพง โดยอ้างอิงทฤษฎีหลักการทำงานของ Binaural beats เนื่องจากมีหลายๆงานวิจัยได้ใช้ Binaural beats ผ่านทางหูฟัง ซึ่งบางครั้งอาจสร้างความไม่สะดวกสบายให้แก่ผู้ฟังหรือผู้ป่วย การวิจัยนี้ใช้ห้องขนาด 2.60 x 4.03 x 3 เมตร ในการทดสอบ และใช้ความถี่ 131.81 เฮิรตซ์ กับ 121.81 เฮิรตซ์ สำหรับเล่นผ่านทางลำโพง จากนั้นทำการวัดคลื่นสมองด้วยอุปกรณ์ Electroencephalography (EEG) กับกลุ่มตัวอย่าง 25 คน ผลลัพธ์ คือ วิธีการดังกล่าวสามารถปรับเปลี่ยนสัญญาณคลื่นสมองของอาสาสมัครได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินงาน

วิธีที่ใช้ค้นคว้าทำการทดลองคือ Monaural Beats เป็นวิธีที่ทำให้ความถี่ 2 ความถี่มาหักล้างกันและเกิด ความถี่ที่ 3 ออกมา วิธีนี้เป็นส่วนของทางด้าน ชีวการแพทย์ ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วนหลักๆคือ มิกซ์เพลงผสมความถี่ในสตูดิโอ (Studio) และวัดผลข้อมูลในรถยนต์ (Car) ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานมีดังนี้

3.1 มิกซ์เพลงผสมความถี่ (Studio)

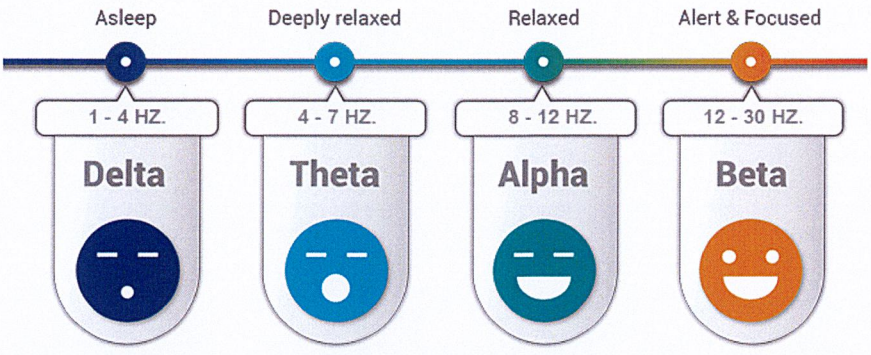
3.1.1 ขั้นตอนการเตรียมไฟล์เพลง

หาเพลงที่มี Key และ tempo ให้ตรงกับเป้าหมายที่เราต้องการ Key เพลงนั้นจะต้องไม่ทำให้เกิดอาการง่วงนอน ซึ่ง Key ที่หามาจะต้องมีส่วนในการกระตุ้นสมองส่วนของ สมองส่วนหน้า(Frontal lope) ให้มีการตื่นตัว ซึ่งก็คือ Major key เพลงที่เราหามาก็ต้องอยู่ใน Major key ด้วย คือเพลง Jason Mraz - I'm Yours ซึ่งเป็นคีย์ B Major และ tempoของเพลงก็จะต้องมากกว่า 120 BPM ซึ่งถ้าต่ำกว่านั้น เช่น 60 BPM จะทำให้รู้สึกง่วง ดังนั้นเพลง Jason Mraz - I'm Yours ที่เราหามาพบว่ามี Tempo 151 BPM ซึ่งเกิน 120 BPM พอเราได้เพลงมาแล้วก็ทำการหา Note ที่ต่ำกว่า Note Tonic ของเพลงนั้น ก็คือ B octave ที่ 3 คือความถี่ 246.942 Hz. และนำมาลบกับอีกความถี่นึง เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ลบกันออกมาอยู่ในช่วงของ Beta Zone 13-30 Hz. ซึ่งอีกความถี่นึงที่เรานำมาคือ 233.082 Hz

	C	C#	D	Eb	E	F	F#	G	G#	A	Bb	B
0	16.35	17.32	18.35	19.45	20.60	21.83	23.12	24.50	25.96	27.50	29.14	30.87
1	32.70	34.65	36.71	38.89	41.20	43.65	46.25	49.00	51.91	55.00	58.27	61.74
2	65.41	69.30	73.42	77.78	82.41	87.31	92.50	98.00	103.8	110.0	116.5	123.5
3	130.8	138.6	146.8	155.6	164.8	174.6	185.0	196.0	207.7	220.0	233.1	246.9
4	261.6	277.2	293.7	311.1	329.6	349.2	370.0	392.0	415.3	440.0	466.2	493.9
5	523.3	554.4	587.3	622.3	659.3	698.5	740.0	784.0	830.6	880.0	932.3	987.8

ภาพที่ 3.1 ความถี่ของโน้ตที่นำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 ความถี่ของสมองในส่วนต่างๆ

3.1.2 ขั้นตอนการนำไฟล์เพลงและความถี่มาผสมกัน(Mix)

พอรู้ค่าความถี่ที่จะนำมาหักลบแล้ว ก็ทำการ Generate signal ของความถี่นั้นของมาเป็นไฟล์เสียงเพื่อจะนำไปทำการ Mix ในโปรแกรมทำเพลง Pro Tools ร่วมกับเพลงของ Jason Mraz - I'm yours การ Mix ความถี่นั้น ๆจะต้องมีระดับเสียงที่เบาเพื่อให้เป็น Background ของเพลง เบาจนหูแทบไม่ได้ยิน (กรณีที่หูไม่ได้ยิน แต่สมองรับรู้ความถี่นั้น) นำความถี่ที่ 246.942 Hz. Pan ไปด้านซ้าย และความถี่ที่ 233.082 Hz. Pan ไปด้านขวา ทำการปรับดังเบาให้เหมาะสม เมื่อ Mix เรียบร้อยทำการ Export ไฟล์เสียงและเตรียมเปิดในขั้นตอนการ Tuning

ภาพที่ 3.3 ทำการมิกซ์เสียงและวัดระยะเพื่อตรวจสอบ Phase ของลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เตรียมรถยนต์และทำการ Tuning (Car)

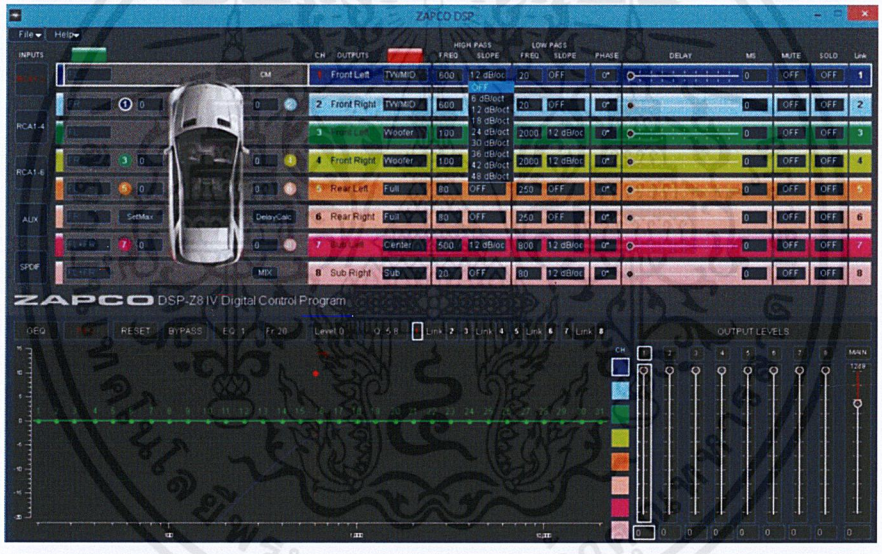
3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมรถยนต์และทำการปรับแต่งเสียง

นำรถยนต์ที่มีการทำ อคูสติกห้องโดยสารที่ทำการ Damping Isolate, Reflex มาทำการ Tuning การ Tuning ต้องทำการ Tune ผ่านตัว DSP ให้เสียงอยู่ในระยะของคนขับโดยทำการปรับค่า Distance ในโปรแกรม DSP ใส่ระยะห่างจากหูถึงลำโพง ทำการปรับค่า EQ โดยดูร่วมกับ RTA ถ้าความถี่แห่งไหนเกินหรือขาดก็ให้ปรับ EQ เพื่อเติมเต็มในส่วนนั้น กด Check Phase ในโปรแกรมเพื่อตรวจดูว่าไม่เกิดการกลับ Phase ณ ตำแหน่งคนขับ ระบบของรถยนต์ที่นำมาทำควรเป็นระบบ Active 3way เพราะมีความระเอียดสูงกว่าระบบแบบ Passive

ภาพที่ 3.4 ออกแบบระบบเสียงในรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.5 ทำการจูนเสียงผ่านโปรแกรม “ZAPCO DSP”

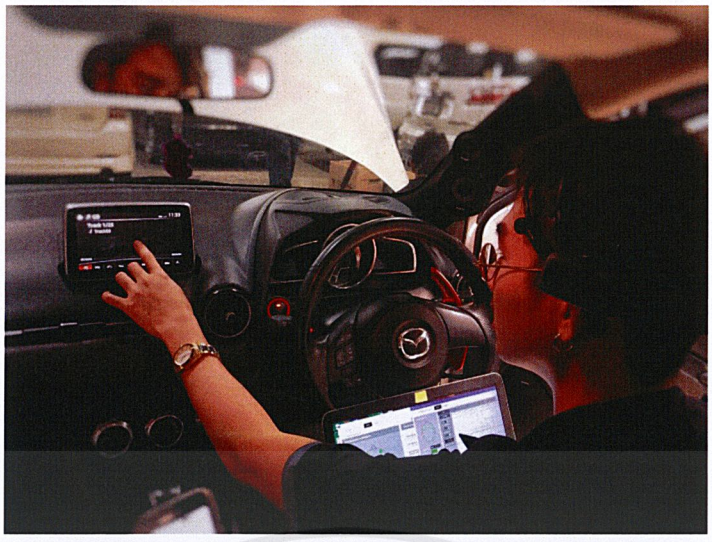


ภาพที่ 3.6 โปรแกรม “ZAPCO DSP” ที่ใช้ในการจูน

3.2.2 ขั้นตอนการบันทึกผลข้อมูล

นำ Emotiv EEG มาสวมที่หัวแล้วตรวจสอบสัญญาณในโปรแกรม Emotiv Xavier Control Panel แสดงผลสถานะให้เป็นสีเขียว พอสัญญาณมาครบก็ทำการบันทึกค่าข้อมูล พร้อมเปิดเพลงและทำการบันทึกค่าในโปรแกรม EmotivXavierTestBench ซึ่งการบันทึกเราจะทำการแบ่งบันทึกค่าดังนี้ 1.เงียบ 2.Monaural Beats 3.เพลงที่ไม่มี Monaural Beats 4.เพลงที่มี Monaural Beats และแบ่งกรณีการวัดเป็น 2 แบบ คือ แบบจอดรถ กับ ขณะขับรถ พอได้ข้อมูลมาแล้วทำการ Analyze ในส่วนของ Time – domain , Spectrogram ,Image of Brainและทำการวิเคราะห์ผลข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.7 ทำการเปิดเพลงและบันทึกข้อมูล ขณะจอดรถ

ภาพที่ 3.8 ทำการเปิดเพลงและบันทึกข้อมูล ขณะขับรถ

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.9 เครื่องคอมพิวเตอร์

ภาพที่ 3.9 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการจูนและบันทึกผลข้อมูลรวมถึงดูค่าพารามิเตอร์,RTA และอื่น ๆ

3.3.2 ไมโครโฟน(RTA)

ภาพที่ 3.10 ไมโครโฟน

ภาพที่ 3.10 ไมโครโฟนเป็นอุปกรณ์ในการเช็คความถี่ของเสียงเทียบกับการดูกราฟ RTA ในโปรแกรม Smaart 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 Audio interface

ภาพที่ 3.11 Audio interface

ภาพที่ 3.11 เป็นอุปกรณ์ในการควบคุมสัญญาณของเสียงที่เข้ามาในระบบ Digital

3.3.4 โปรแกรม PRO TOOL 12.6

ภาพที่ 3.12 โปรแกรม PROTOOL 12HD

ภาพที่ 3.12 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการมิกซ์เพลงกับความถี่เข้าด้วยกัน

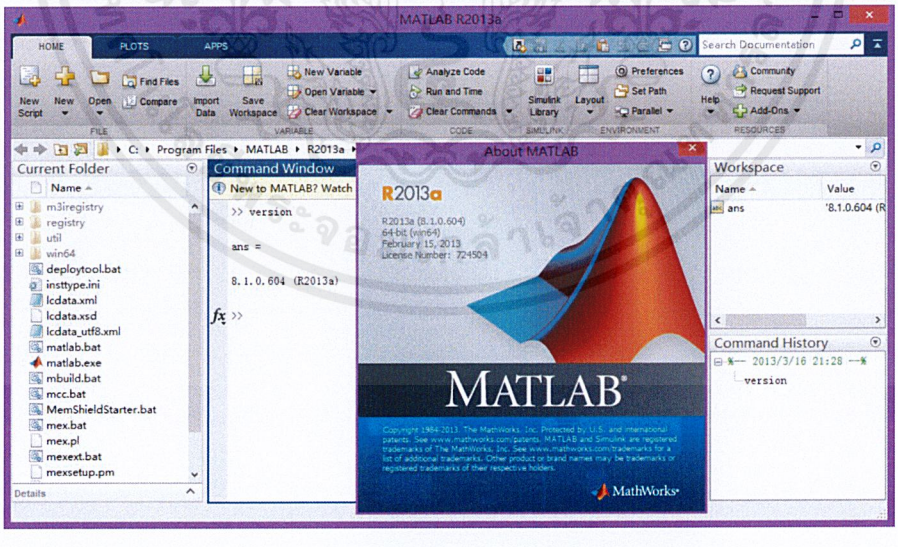
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 โปรแกรม Smaart 7

ภาพที่ 3.13 โปรแกรม Smaart 7

ภาพที่ 3.13 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเช็ค phase และ RTA เพื่อที่จะทำการจูนระบบเสียงให้เที่ยงตรง

3.3.6 โปรแกรม MATLAB R2015a



ภาพที่ 3.14 โปรแกรม MATLAB R2015a

ภาพที่ 3.14 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ คลื่นสมองและทำการ slot ข้อมูลให้อยู่ในรูปของ Time-Domain, Frequency-Domain, Spectrogram, Imagine of Brainwave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 EMOTIV EPOC

ภาพที่ 3.15 EMOTIV EPOC

ภาพที่ 3.15 เป็นเครื่องวัดคลื่นสมอง โดยคลื่นสมองจะถูกตรวจจับโดย โนด 14 ตัว และเชื่อมต่อกันเข้าไปยังโปรแกรม EmotivXavierTestBench และทำการบันทึกข้อมูล

3.4 การจัดเก็บผลการทดลอง

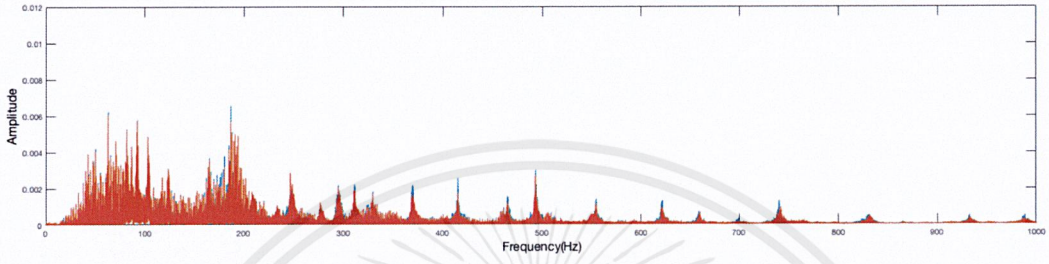
สำหรับการทดลองด้วยการใช้เพลงผสมกับ Monaural beats นั้นจะต้องทดลองในตำแหน่งที่ถูกต้อง สำหรับการฟังและผลลัพธ์ที่ได้นั้น สามารถตรวจสอบในเชิงวิศวกรรมได้โดยอ้างอิงจาก Time-Domain, Frequency-Domain, Spectrogram, Imagine of Brainwave จะเห็นผลลัพธ์ได้อย่างชัดเจน และอีกกรณีนึงคือใช้ความรู้สึกซึ่ง จากการที่เราได้ทำการทดลองแล้วสามารถใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

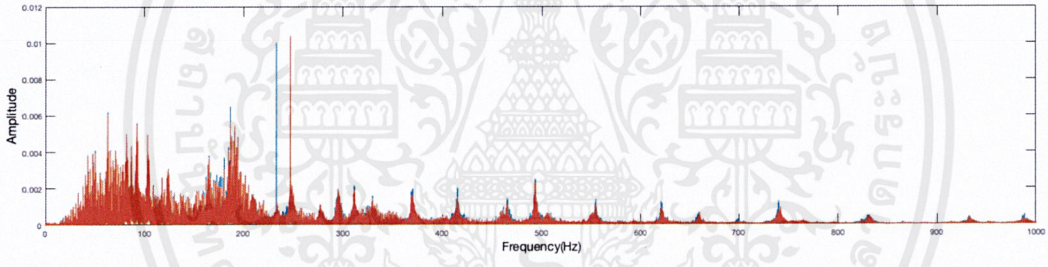
บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 กราฟ Fast Fourier Transform (FFT) ของเพลง

จากภาพที่ 4.1 และ 4.2 จะสังเกตได้ว่า เมื่อนำเพลงมาผสมกับ monaural beat แล้วจะเห็นความถี่สองความถี่ซึ่งก็คือ 233.082 และ 246.942 Hz แสดงเด่นขึ้นมาในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.1 กราฟ FFT ของเพลงที่ไม่ผสม monaural beat

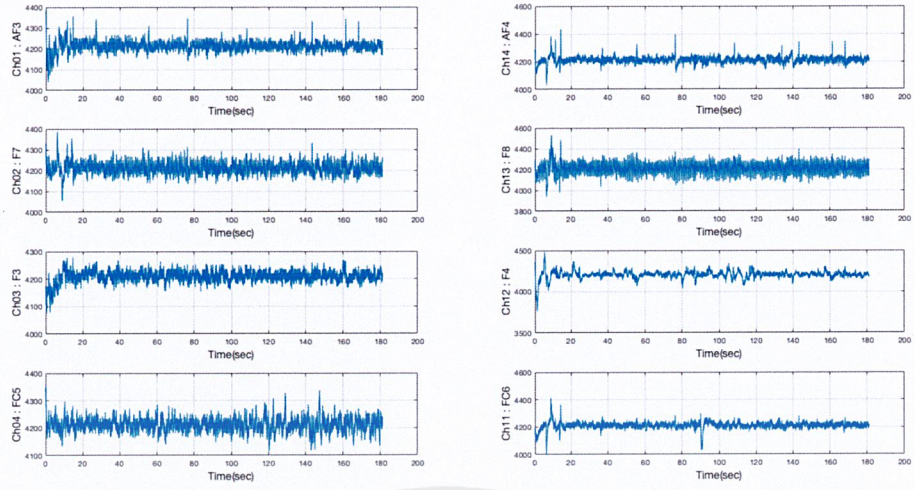


ภาพที่ 4.2 กราฟ FFT ของเพลงที่ผสมกับ monaural beat

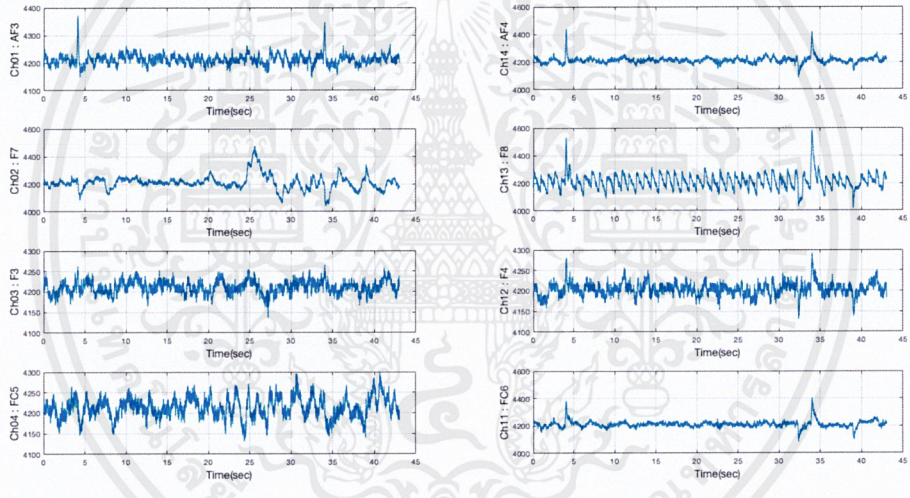
4.2 กราฟ Time-domain

ภาพที่ 4.3 ถึง 4.10 แสดงคลื่นสมองใน Time-domain ของสมองส่วนหน้า 8 จุดในแต่ละกรณี ที่ถูกวัดมาจากเครื่อง EMOTIV EPOC+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

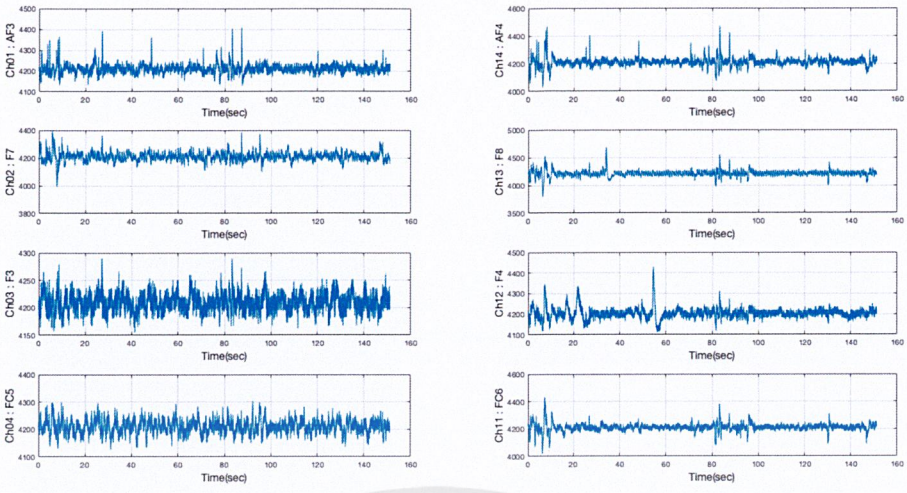


ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะจอดรถและไม่เปิดเพลง

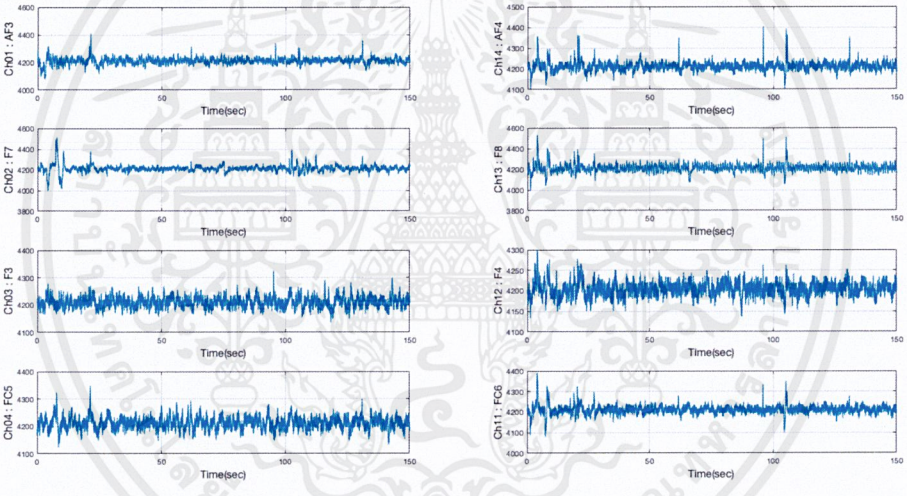


ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะจอดรถและเปิด monaural beat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

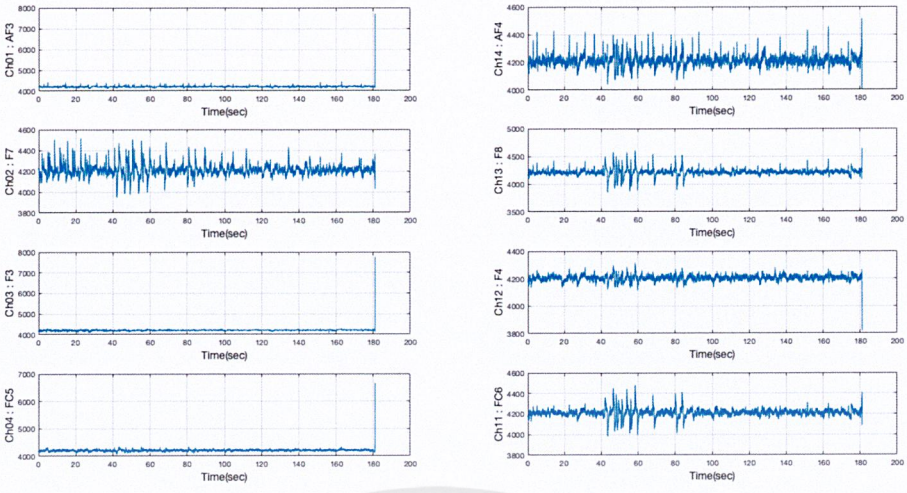


ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะจอดรถและเปิดเพลง

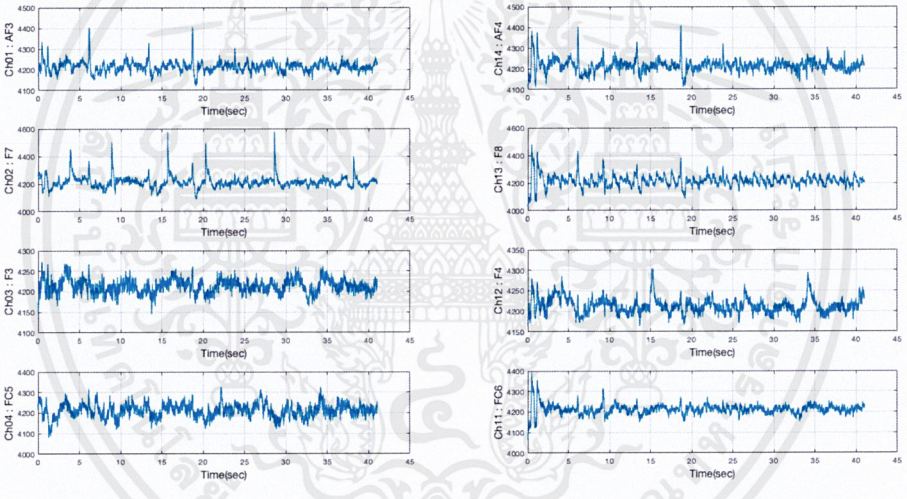


ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะจอดรถและเปิดเพลงที่ผสม monaural beat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

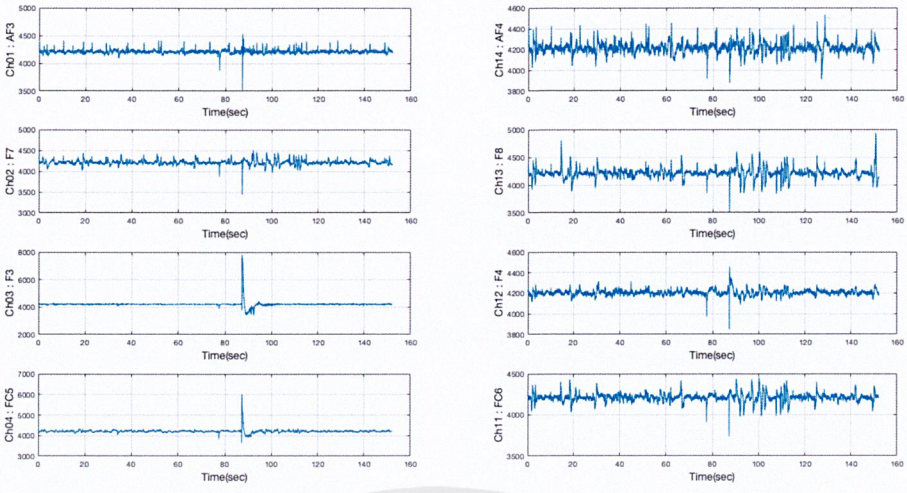


ภาพที่ 4.7 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะขับรถและไม่เปิดเพลง

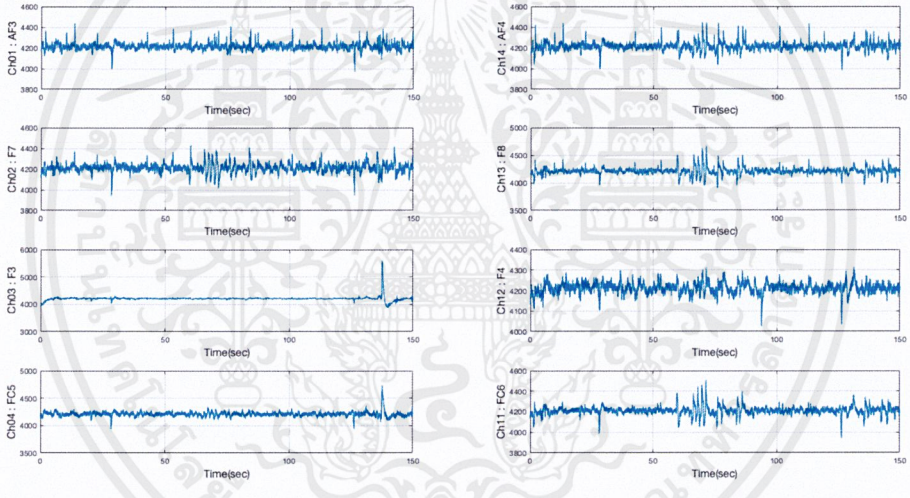


ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะขับรถและเปิด monaural beat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะขับรถและเปิดเพลง

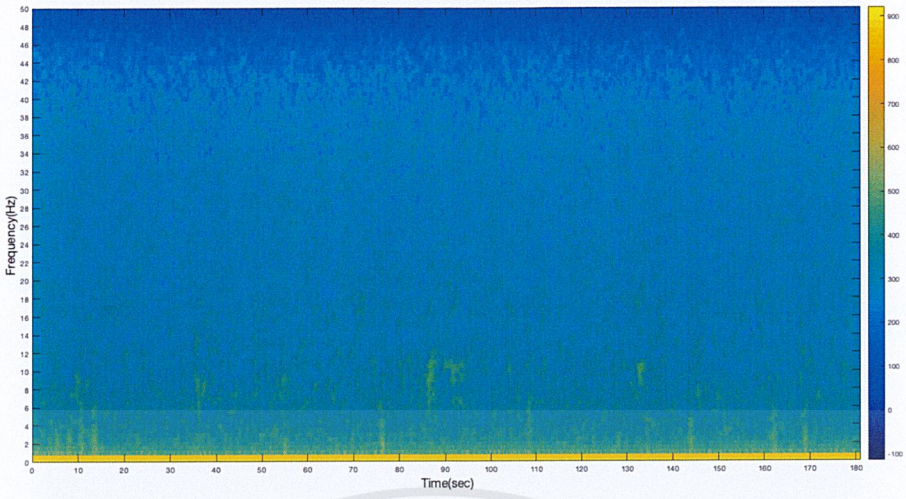


ภาพที่ 4.10 กราฟแสดงคลื่นสมอง 8 จุดของสมองส่วนหน้าขณะขับรถและเปิดเพลงที่ผสม monaural beat

4.3 Spectrogram

ภาพที่ 4.11 ถึง 4.18 แสดง Spectrogram ของคลื่นสมองในแต่ละกรณี ซึ่งคิดมาจาก Time-domain ในรูปที่ 4.3 ถึง 4.10

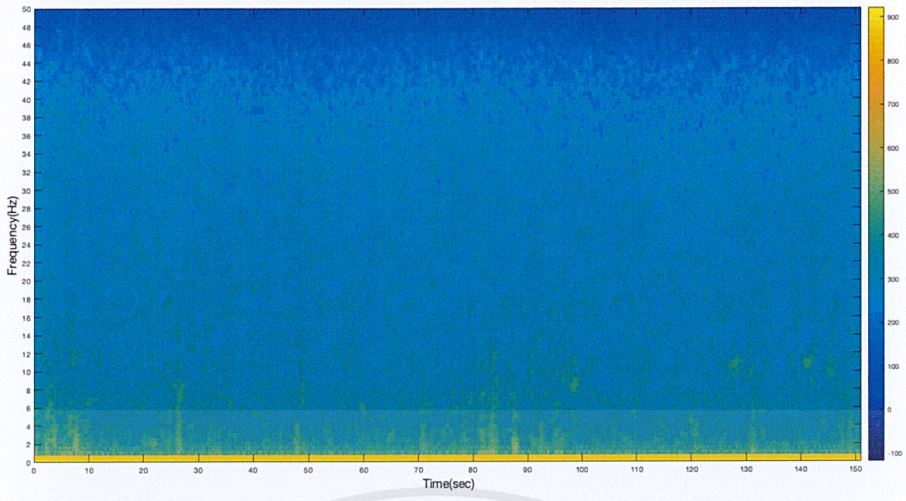
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 Spectrogram ของคลื่นสมองขณะจอดรถและไม่เปิดเพลง

ภาพที่ 4.12 Spectrogram ของคลื่นสมองขณะจอดรถและเปิด monaural beat

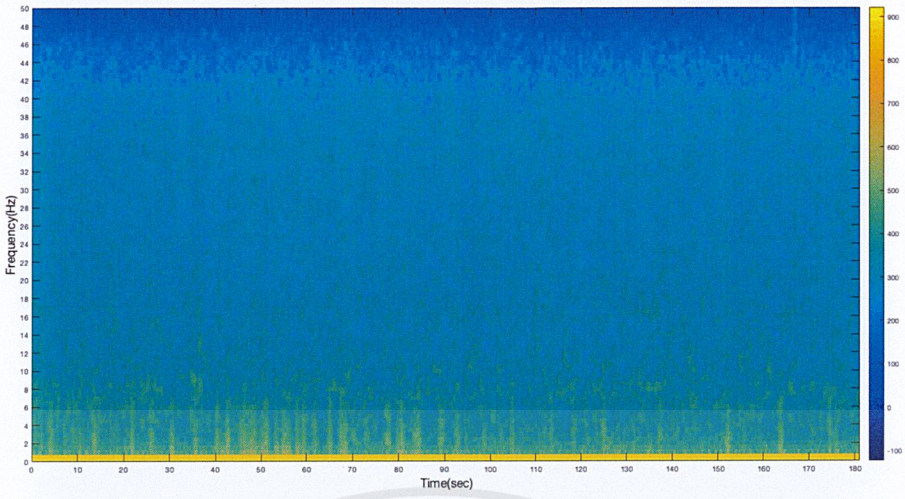
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.13 Spectrogram ของคลื่นสมองขณะจอดรถและเปิดเพลง

ภาพที่ 4.14 Spectrogram ของคลื่นสมองขณะจอดรถและเปิดเพลงที่ผสม monaural beat

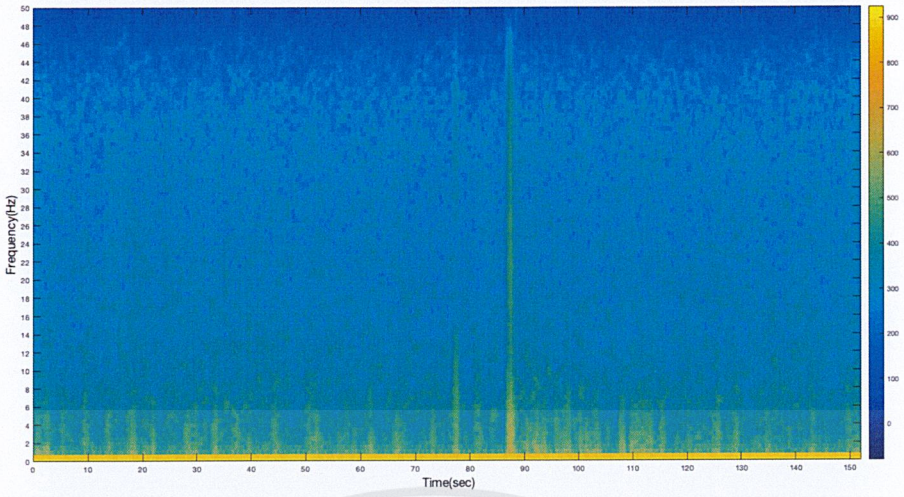
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.15 Spectrogram ของคลื่นสมองขณะขับรถและไม่เปิดเพลง

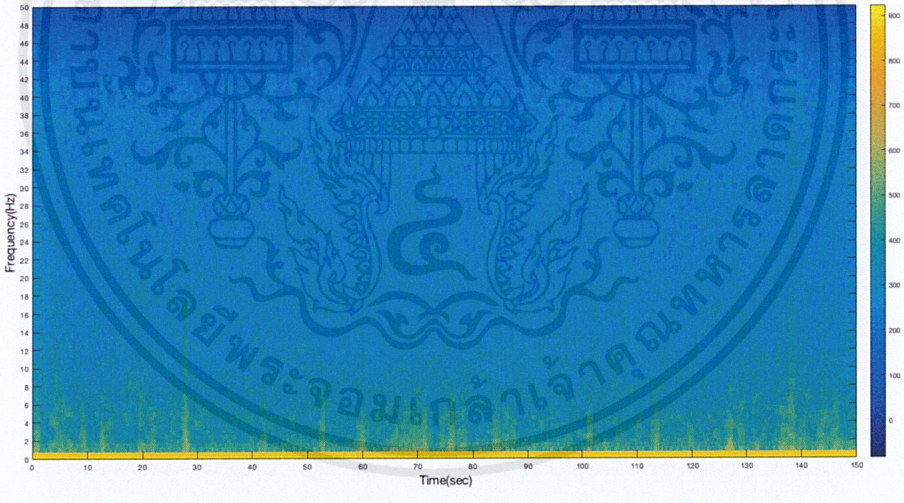
ภาพที่ 4.16 Spectrogram ของคลื่นสมองขณะขับรถและเปิด monaural beat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.17 Spectrogram ของคลื่นสมองขณะขับรถและเปิดเพลง

ภาพที่ 4.17 มีความผิดปกติของ amplitude ที่แสดงเด่นขึ้นมา เกิดจากสัญญาณตกขณะวัดคลื่นสมองในขณะที่ขับรถ ซึ่งสังเกตได้จากรูปที่ 4.9 เช่นเดียวกัน

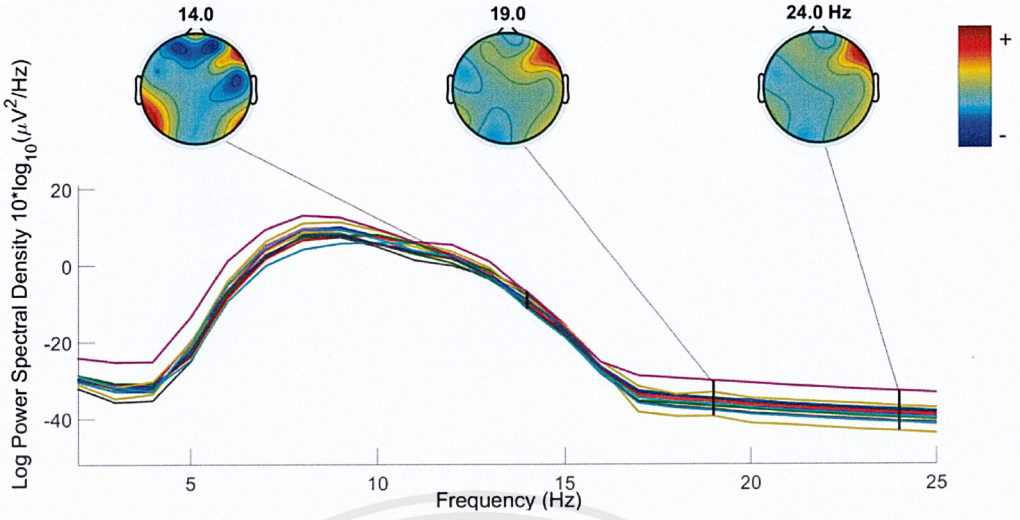


รูปที่ 4.18 Spectrogram ของคลื่นสมองขณะขับรถและเปิดเพลงที่ผสม monaural beat

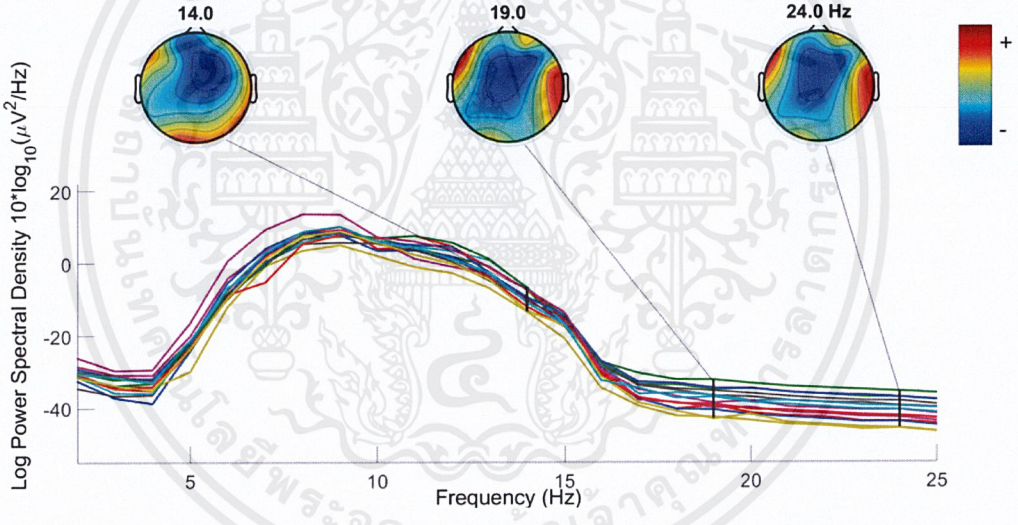
4.4 FFT Relative Power Difference

ภาพที่ 4.19 ถึง 4.26 แสดงระดับการทำงานของสมองแต่ละส่วนในแต่ละกรณี โดยเลือกสุ่มดูที่ความถี่ 14, 19 และ 24 Hz ซึ่งอยู่ในช่วงเบตา สีแดง แสดงถึงการทำงานของสมองในระดับที่สูงที่สุด และสีน้ำเงินคือต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

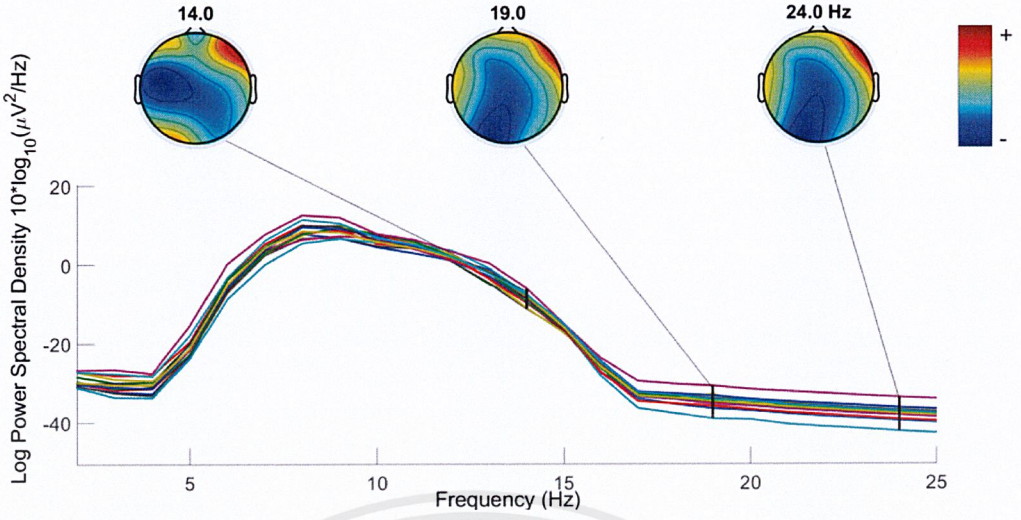


ภาพที่ 4.19 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะจอดรถและไม่เปิดเพลง

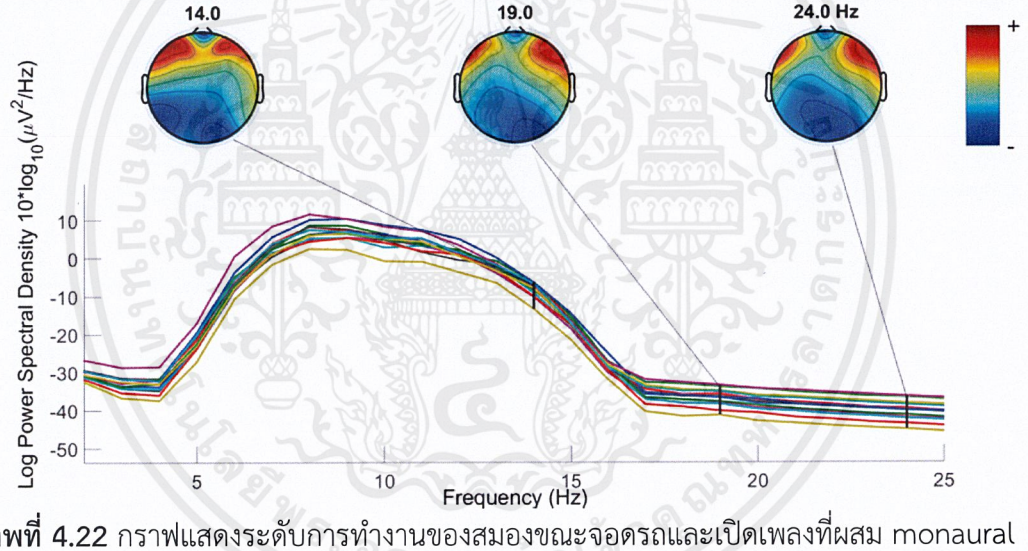


ภาพที่ 4.20 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะจอดรถและเปิด monaural beat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

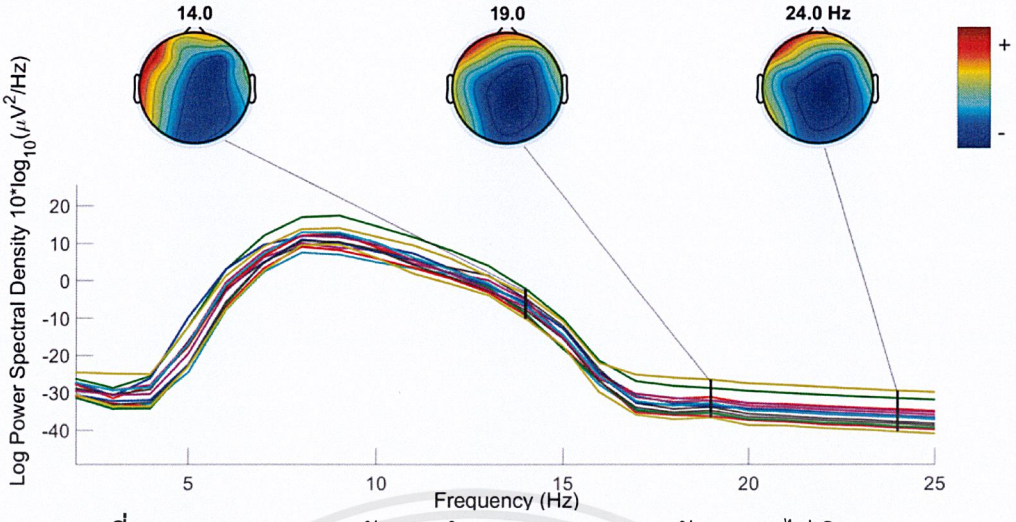


ภาพที่ 4.21 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะจอดรถและเปิดเพลง

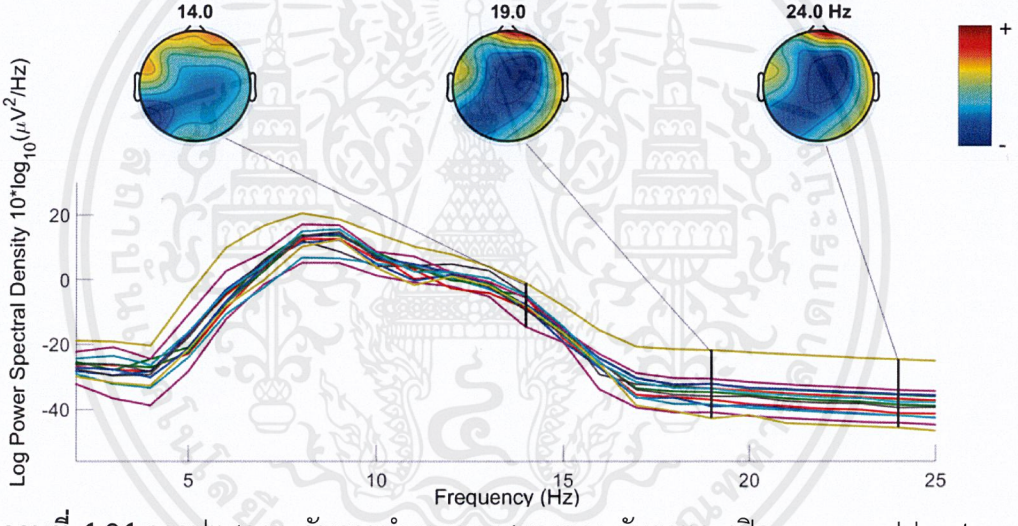


ภาพที่ 4.22 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะจอดรถและเปิดเพลงที่ผสม monaural beat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

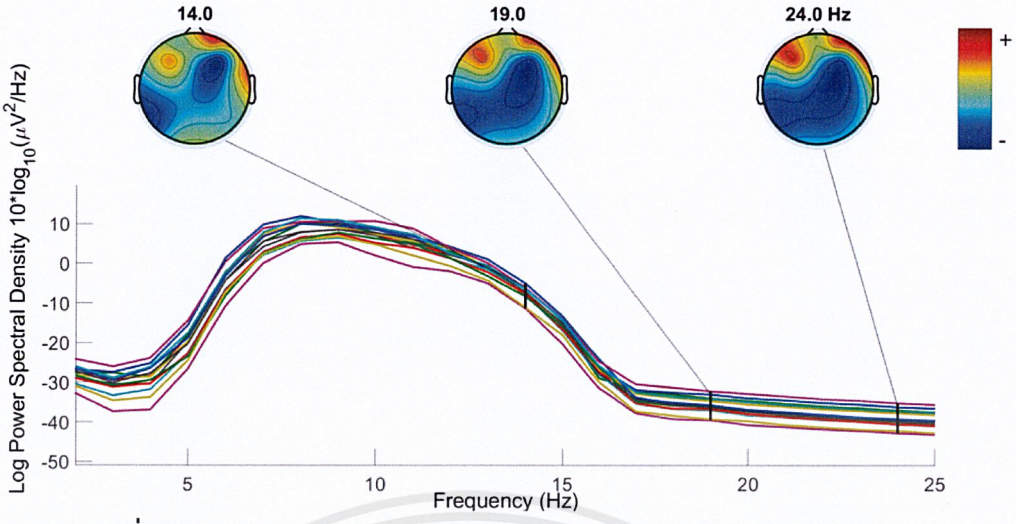


ภาพที่ 4.23 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะขับรถและไม่เปิดเพลง

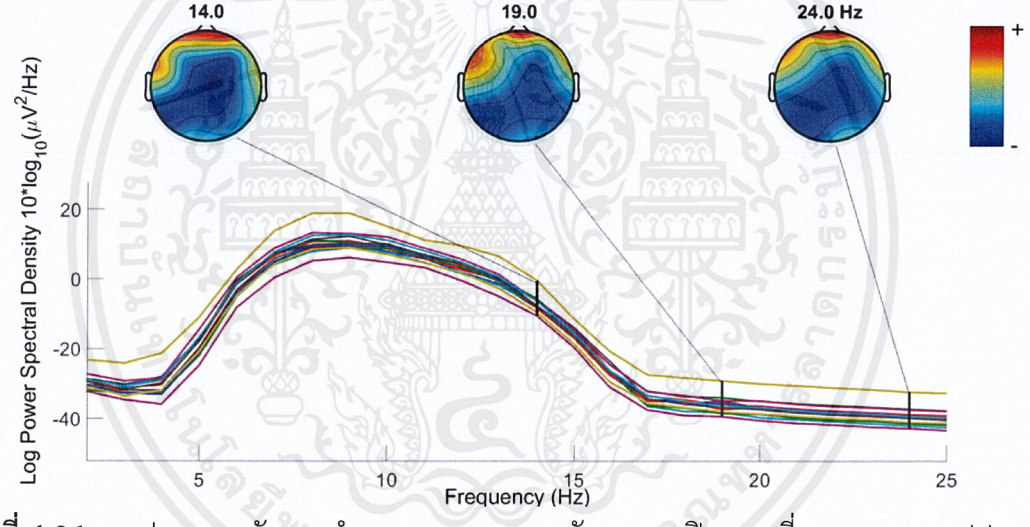


ภาพที่ 4.24 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะขับรถและเปิด monaural beat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.25 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะขับรถและเปิดเพลง



ภาพที่ 4.26 กราฟแสดงระดับการทำงานของสมองขณะขับรถและเปิดเพลงที่ผสม monaural beat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการลดอุบัติเหตุอันเนื่องมาจากการหลับในขณะขับรถบนท้องถนน โดยการใช้ดนตรีควบคุมคลื่นสมองให้ตื่นตัวตลอดการขับรถ มีการแบ่งการทดสอบเป็น 2 เงื่อนไข คือ ขณะจอดรถ และขณะขับรถ แต่ละเงื่อนไขแบ่งการทดสอบเป็น 4 กรณี คือ ไม่เปิดเสียงเลย, เปิดเฉพาะ monaural beat, เปิดเฉพาะเพลง และเปิดเพลงที่ผสมกับ monaural beat ในการทดสอบขับรถบนถนน จะใช้รถที่มีการจูนระบบเสียงแล้ว เนื่องจากการใช้ลำโพงทำให้รับรู้ถึง monaural beat ยากกว่าการใช้หูฟัง จึงต้องทำการปรับตำแหน่งฟังที่ดีที่สุดไปอยู่ที่คนขับโดยใช้หลักการจูนระบบเสียงรถยนต์ จากผลการทดลองในบทที่ 4 พบว่า ทั้ง 2 เงื่อนไข(ขณะจอดรถ, ขณะขับรถ) เป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ การเปิดเพลงที่ผสมกับ monaural beat ทำให้สมองตื่นตัวมากกว่าอีกสามกรณี สังเกตได้จากสมองส่วนหน้า ซึ่งเป็นส่วนของความคิด มีการทำงานมากกว่าสมองส่วนอื่น และมีการทำงานที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเฉพาะสมองส่วนหน้าของอีกสามกรณีด้วย โครงงานนี้สามารถนำไปต่อยอดในการสร้างเป็นระบบป้องกันการหลับในขณะขับรถ อาจอยู่ในรูปแบบที่ผลิตมาพร้อมกับรถยนต์ หรือเป็นอุปกรณ์ติดตั้งแยก ทั้งนี้เพื่อลดโอกาสการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนที่เกิดขึ้นเป็นประจำทั้งจากผู้ที่ขับรถเป็นอาชีพ และผู้ขับขี่ทั่วไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

การที่จะได้ผลลัพธ์ที่เสถียรและมีประสิทธิภาพสูง ต้องเพิ่มจำนวนการทดลอง โดยทดลองกับหลากหลายสภาพถนน และเพิ่มจำนวนผู้ทดลองทั้งในแง่ของอายุและเพศ และทำอย่างละหลายๆครั้ง เพื่อที่จะนำผลที่ได้ไปปรับปรุงการผสมเพลงกับ monaural beat ให้ส่งผลลัพธ์ดียิ่งขึ้น เช่น การเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ไปตามคอร์ดของเพลงและทำให้กลมกลืนกัน ซึ่งทำให้ผู้ฟังรู้สึกเหมือนฟังเพลงธรรมดาทั่วไป ไม่อึดอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

honestdoc. (2562). **สมองทำงานอย่างไร? ไขความลับสุดซับซ้อน**. ค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2562, จาก https://www.honestdocs.co/how-does-the-brain-work-confidential-system-complex

ปิยพงษ์ สุเมตติกุล. (ม.ป.ป.). **มหัศจรรย์แห่งสมอง**. ค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2562, จาก http://www.okmd.tv/blogs/มหัศจรรย์แห่งสมอง#firstPage

ธัชชัย ตระกูลเลิศยศ. (2559). **ขณะนอนหลับ...เกิดกลไกอะไรในสมอง?**. ค้นเมื่อ 1 มีนาคม 2562, จาก https://www.scimath.org/article-biology/item/4841-2016-09-05-20-07-23

จรัส. (ม.ป.ป.). **BrainWave : คลื่นสมอง และประโยชน์**. ค้นเมื่อ 2 มีนาคม 2562, จาก http://nuclear.rmutphysics.com/blog-sci7/?p=3878

ฟิสิกส์ราชมงคล. (ม.ป.ป.). **เสียงบีตส์**. ค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2561, จากhttp://www.rmut physics.com/charud/virtualexperiment/explorescience/beats/tonebeats1.htm

Binaural Beats เสียงบำบัดสมองและจิตใจ. (2561). ค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2562, จาก https://www.gminds.co/binaural-beats/

Binaural Beats Thai. (2558). **ทำความรู้จัก ... Binaural Beats**. ค้นเมื่อ 17 มีนาคม 2562, จาก http://binauralbeatsthai.blogspot.com/2012/10/binaural-beats.html

Monaural beats-What Are Monaural Beats?. (2011). Retrieved March 26, 2019, from http://binauralbeats-and-isochronictones.com/monaural-beats-what-are-monaural-beats/

Socrates. (2011). **Monaural Beats**. Retrieved March 26, 2019, from https://www.mind-expanding-techniques.net/mindcontrol/monaural-beats/

เดชฤทธิ์ พลเยี่ยม. (2560). **เสียงคืออะไร 1**. ค้นเมื่อ 5 เมษายน 2562, จาก http:// www.soundstagemag.com/main/index.php/magazine-articles/pa-sound-light-on-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

stage/966-2017-04-24-07-25-18

MusicArms. (ม.ป.ป.). **พื้นฐานสัญญาณเสียง**. ค้นเมื่อ 11 เมษายน 2562, จาก https://www.musicarms.net/พื้นฐานสัญญาณเสียง/

Gubbualoy, S., Janyasupab, M. & Phasukkit, P. (2018). **Systematic design method to relieve stress using Music therapy with Binaural beats 10 Hz**. Tottori, Japan: 2018 International Symposium on Multimedia and Communication Technology (ISMAC).

Gubbuloy, S., Punkabut, S., Phasukkit, P. & Tungjitkusolmun, S. (2019). **Laboratory Design for Brain Signal Modulation based on Low Frequency**. Pattaya, Thailand: ECTI index IEEE.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ภาพสถานที่การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ภาพการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ลิงค์ดาวโหลดโปรแกรม

Room EQ Wizard:	https://www.roomeqwizard.com
Emotiv Epoc:	https://www.emotiv.com/epoc/
Smaart V7:	https://www.rationalacoustics.com/support/430568-Smaart-v7
MATLAB:	https://www.mathworks.com/products/matlab.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้